



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

DETERMINACIÓN DE LA DOSIMETRÍA DE RADIACIÓN EXTERNA EN PACIENTES CON HIPERTIROIDISMO Y CÁNCER DE TIROIDES TRATADOS CON IODO-131 EN EL ÁREA DE MEDICINA NUCLEAR DEL HOSPITAL “CARLOS ANDRADE MARÍN” IESS – QUITO.

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado previo a la obtención del título de:

BIOFÍSICO

AUTOR: Adrián Andrés Valencia Mina

TUTOR: MSc. Nadia Aimee González López

Riobamba - Ecuador

2018

Derecho de Autenticidad

© 2018, Adrián Andrés Valencia Mina

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **DETERMINACIÓN DE LA DOSIMETRÍA DE RADIACIÓN EXTERNA EN PACIENTES CON HIPERTIROIDISMO Y CÁNCER DE TIROIDES TRATADOS CON IODO-131 EN EL ÁREA DE MEDICINA NUCLEAR DEL HOSPITAL “CARLOS ANDRADE MARÍN” IESS – QUITO**, de responsabilidad del señor ADRIÁN ANDRÉS VALENCIA MINA, ha sido minuciosamente revisado por los miembros de Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

MSc. Nadia Aimee González López
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Fausto Francisco Navarrete Chávez
**MIEMBRO DESIGNADO DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Dra. Vilma Nohemí Yanchapanta Bastidas
**MIEMBRO DESIGNADO DEL
VICEDECANO**

Yo, Adrián Andrés Valencia Mina soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Adrián Andrés Valencia Mina

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Adrián Andrés Valencia Mina soy responsable de los contenidos, ideas, doctrinas y resultados obtenidos en este trabajo de titulación, los mismos que son originales, auténticos y personales. Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Adrián Andrés Valencia Mina.

DEDICATORIA

A la divinidad que me bendijo con la oportunidad de ser hijo y amigo del señor Nery José Valencia Zamora. A mis hermanos José y Nery.

En memoria de Estephano Parra.

Adrián.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a mi familia, seres humanos fundamentales en mi formación y educación.

A mis hermanas Candy y Wendy.

Doctora Nadia González por sus constantes instrucciones.

Licenciada Verónica Buenaño por sus deseos de verme triunfar.

Ingeniero Marcos Frías por la oportunidad de ser parte de su equipo de investigación.

Licenciado Marcos Maldonado por la confianza depositada en mí.

Adrián.

ABREVIATURAS

1.	IESS:	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
2.	SOLCA:	Sociedad de Lucha Contra el Cáncer
3.	HCAM:	Hospital Carlos Andrade Marín
4.	INEN:	Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas
5.	ICRP:	Comisión Internacional de Protección Radiológica
6.	OMS:	Organización Mundial de la Salud
7.	POE:	Personal Ocupacionalmente Expuesto
8.	mCi:	mili Curie
9.	Ci:	Curio
10.	Sv:	Sievert
11.	μSv:	micro Sievert
12.	mSv:	mili Sievert
13.	A:	Actividad
14.	Bq:	Becquerelio
15.	Rem:	Radiation Equivalent Mammalian
16.	HT:	Dosis Equivalente
17.	keV:	Kilo Electro Voltio
18.	TAC:	Tomografía Axial Computarizada
19.	RCT:	Rastreo Corporal Total
20.	RÍA:	Radioinmunoanálisis
21.	TSH:	Tirotropina
22.	TSHrh:	Tirotropina Recombinante Humana
23.	Tg:	Tiroglobulina
24.	ATG:	Antitiroglobulina
25.	CA:	Cáncer
26.	INa:	Ioduro de Sodio
27.	Tc99m:	Tecnecio 99 meta estable
28.	BTD:	Bocio Tóxico Difuso
29.	PH:	Potencial de Hidrógeno
30.	SI:	Sistema Internacional
31.	SC:	Sistema Cegesimal

- 32. kVp: Kilovoltaje pico**
- 33. EBR: Eficacia Biológica Relativa**
- 34. WR: Factor de ponderación de los tejidos**
- 35. LET: Transferencia Lineal de Energía**

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO REFERENCIAL	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	7
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Medicina Nuclear	8
2.2 Cáncer de Tiroides	9
2.3 Hipertiroidismo.	14
2.4 Iodo-131.....	16
2.5 Tratamiento Médico.....	19
2.6 Tasa de Dosis.....	20
2.7 Dosimetría de Radiación Externa.	22
2.8 Actividad.	22
2.9 Periodo de Semidesintegración.	23
2.10 Detector de radiación Geiger Müller.....	23
2.11 Curvas de Retención.	23

CAPÍTULO III.....	25
3. MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1 Unidad de Medicina Nuclear del Hospital Carlos Andrade Marín	25
3.2 Equipos Utilizados.....	26
3.3 Metodología.....	30
CAPÍTULO IV	47
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	46
4.1 Análisis de resultados de la Tasa de Dosis del grupo I:	48
4.2 Análisis de resultados de la Tasa de Dosis del grupo II	68
4.3 Recomendaciones de Protección Radiológica	103
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3:	Detector equipo Thermo Scientific™ RadEye™ B20	-----26
Figura 2-3:	Presentación de un equipo Activímetro Atomlab 500	----- 28
Figura 3-3:	Contenedores para viales.	-----34
Figura 4-3:	Contenedores de transporte	-----34
Figura 5-3:	Camilla transportándose a hospitalización	-----35
Figura 6-3:	Pacientes tomando la dosis radiactiva.	-----36
Figura 7-3:	Proyección Anterior anatómica para medir al paciente	-----40
Figura 8-3:	Proyección Posterior anatómica para medir al paciente	-----41
Figura 9-3:	Lugares donde se realiza la medición al paciente	-----41
Figura 10-3	Dosimetría de radiación externa a pacientes hospitalizados	-----42
Figura 1-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131	-----48
Figura 2-4:	Promedio de la Curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131	-----48
Figura 3-4:	Promedio de la Curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.	-----48
Figura 4-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.	-----51
Figura 5-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131	-----51
Figura 6-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.	-----51
Figura 7-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.	-----54
Figura 8-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.	-----54
Figura 9-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.	-----54
Figura 10-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 20 mCi de iodo-131.	-----57
Figura 11-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 20 mCi de iodo-131.	-----57
Figura 12-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 20 mCi de iodo-131.	-----57

Figura 13-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 20 mCi de iodo-131.	-----60
Figura 14-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 20 mCi de iodo-131.	-----60
Figura 15-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 20 mCi de iodo-131.	-----60
Figura 16-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.	-----63
Figura 17-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.	-----63
Figura 18-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.	-----63
Figura 19-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.	-----66
Figura 20-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.	-----66
Figura 21-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.	-----66
Figura 22-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.	-----70
Figura 23-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.	-----70
Figura 24-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.	-----70
Figura 25-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.	-----74
Figura 26-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.	-----74
Figura 27-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.	-----74
Figura 28-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 100 mCi de iodo-131.	-----78
Figura 29-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 100 mCi de iodo-131.	-----78
Figura 30-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 100 mCi de iodo-131.	-----78

Figura 31-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 100 mCi de iodo-131.	-----86
Figura 32-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 100 mCi de iodo-131.	-----86
Figura 33-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 100 mCi de iodo-131.	-----86
Figura 34-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.	-----91
Figura 35-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.	-----91
Figura 36-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.	-----91
Figura 37-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.	-----94
Figura 38-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.	-----94
Figura 39-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.	-----94
Figura 40-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.	-----97
Figura 41-4:	Promedio de la Curva de Retención en abdomen de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.	-----97
Figura 42-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.	-----97
Figura 43-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.	-----100
Figura 44-4:	Promedio de la Curva de Retención en pulmones de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.	-----100
Figura 45-4:	Promedio de la Curva de Retención en cuello de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.	-----100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Sistema TNM para la etapificación del cáncer de tiroides.	-----11
Tabla 1-3:	Descripción de las características del detector de Radiacion RadEye B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters.	-----27
Tabla 2-3:	Tiempos en los que se realizó la dosimetría de tasa de dosis a pacientes Ambulatorios.	-----39
Tabla 3-3:	Tiempos en los que se realizó la dosimetría de tasa de dosis a pacientes Hospitalizados.	-----43
Tabla 4-3:	Ejemplos de protocolos que se utilizan en diversos países para dar el alta radiológica debido a la ingesta de iodo-131.	-----45
Tabla 1-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo menores de 31 años de edad.	-----47
Tabla 2-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con hipertiroidismo entre 32 y 40 años de edad.	-----49
Tabla 3-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo mayores de 40 años de edad.	-----52
Tabla 1.1-1:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo menores de 40 años de edad.	-----55
Tabla 5-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo mayores de 40 años de edad.	-----58
Tabla 6-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo menores de 30 años de edad.	-----61
Tabla 7-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo mayores de 30 años de edad.	-----64
Tabla 8-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Casi Total.	-----67
Tabla 9-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total.	-----71
Tabla 10-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Casi Total.	-----75
Tabla 11-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total.	-----79
Tabla 12-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar III.	-----87
Tabla 13-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de	-----92

Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar IV.

Tabla 14-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar III	-----95
Tabla 15-4:	Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar IV.	-----98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A.-	Registro de asistencia a la charla y capacitación
Anexo B.-	Preparación del paciente
Anexo C.-	Formulario de registro del alta radiológica a pacientes hospitalizados a causa de cáncer de tiroides
Anexo D.-	Formulario de registro de cada paciente al que se le va a administrar iodo-131
Anexo E.-	Formulario de registro de tasa de dosis que emite cada paciente.
Anexo F.-	Ficha de hospitalización
Anexo G.-	Calibración anual Geiger Muller
Anexo H.-	Control de calidad del detector Geiger Muller
Anexo I.-	prueba de Precisión del activímetro Atomlab ™ 500
Anexo J.-	Prueba de estabilidad del activímetro Atomlab ™ 500

RESUMEN

El objetivo del trabajo de titulación fue determinar la dosimetría de radiación externa en pacientes con Hipertiroidismo y Cáncer de Tiroides tratados con Iodo-131 en el Área de Medicina Nuclear del Hospital “Carlos Andrade Marín” IESS – Quito (HCAM) en el periodo octubre 2017 a febrero 2018. Para ello se utilizó un detector Geiger Muller Thermo Scientific ubicado a un metro de distancia a la altura del cuello, abdomen y pulmones. Los pacientes objeto de estudio se clasificaron en dos grupos: el grupo I que corresponden a pacientes con Hipertiroidismo y grupo II pacientes con Cáncer de Tiroides. En el caso de los pacientes con cáncer de tiroides se tuvo en cuenta los procedimientos médicos realizados: Tiroidectomía Casi Total, Tiroidectomía Total y el estadio de la enfermedad. Los resultados muestran que los valores obtenidos de tasa de dosis para ambos grupos de pacientes no superan los 35 $\mu\text{Sv/h}$ recomendados por los organismos internacionales para el alta radiológica. Estos valores de tasa de dosis se sugieren que sean analizados y considerados por la oficina de seguridad y protección radiológica del HCAM.

PALABRAS CLAVE: <CIENCIAS EXACTAS>, <TASA DE DOSIS>, <MEDICINA NUCLEAR>, <DOSIMETRÍA>, <GEIGER MÜLLER>, <HIPERTIROIDISMO>, <CÁNCER DE TIROIDES>, <PROTECCIÓN RADIOLÓGICA>

ABSTRACT

The aim of the titling work was to determine the external radiation dosimetry in patients with Hyperthyroidism and Thyroid Cancer treated with iodine-131 in the Nuclear Medicine Area of the "Carlos Andrade Marin" IESS-Quito Hospital (HCAM) period October 2017 to February 2018. For this purpose, the Geiger Muller Thermo Scientific detector, located one meter away from the neck, abdomen and lungs, was used. The patients under study were classified into two groups: group I corresponded to patients with hyperthyroidism and group II patients with thyroid cancer. In the case of patients with thyroid cancer, the medical procedures carried out were taken into account. Almost total thyroidectomy, Total thyroidectomy and the stage of the disease. The results show that the values obtained from dose rate for stage of the disease. The results show that the values obtained from the dose rate for both groups of patients do not exceed 35 $\mu\text{Sv/h}$ recommended by international organizations for radiological discharge. These dose rate values are suggested to be analyzed and considered by the radiological safety and security office of HCAM.

Keywords: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <DOSAGE RATE>, <NUCLEAR MEDICINE>, <DOSIMETRY>, <GEIGER MULLER>, <HYPERTIROIDISM>, <CANCER OF THYROIDES, <RADIOLOGICAL PROTECTION>

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales beneficios que se aplican en Medicina Nuclear del Hospital “Carlos Andrade Marín” IESS – Quito es el tratamiento a pacientes que padecen cáncer de tiroides o hipertiroidismo.

Al padecer una de estas enfermedades, lo clínicamente recomendable es, someter a los pacientes a una terapia a base de radioiodo que, en el caso de cáncer de tiroides se la realiza post cirugía buscando obtener una ablación completa de tejidos tiroides; por su parte, en el caso de hipertiroidismo se busca disminuir la actividad de secreción hormonal por parte de la glándula tiroidea.

Los pacientes que son remitidos a la Unidad de Medicina Nuclear con cáncer de tiroides y que previamente hayan sido sometidos a intervención quirúrgica para remover el órgano patógeno, lo subsiguiente es que, el médico nuclear determine qué cantidad de iodo-131 es conveniente administrar a la persona que adolece la enfermedad.

Generalmente es recomendable administrar dosis que van desde 30 hasta 200 mCi de iodo-131 dependiendo del estado de gravedad de la enfermedad. Si la enfermedad aún en términos médicos no es agresiva, entonces se aplican dosis bajas, en cambio, si las células cancerígenas han hecho metástasis a distancias colonizando ganglios y tejidos aledaños se administran dosis relativamente altas.

En pacientes que acuden a Medicina Nuclear debido a que padecen hipertiroidismo los médicos recomiendan administrar dosis de entre 15 hasta 25 mCi buscando reducir la actividad de la tiroides sin la necesidad de recurrir a una cirugía para extraer la glándula.

El iodo-131 suministrado a los pacientes para su respectivo tratamiento es absorbido por la tiroides que lo metaboliza en yoduro. Una vez el iodo radioactivo se encuentre en la glándula tiroidea deposita grandes cantidades de energía que tiene como objeto afectar la subsistencia de las células cancerígenas.

Para el caso de cáncer de tiroides los pacientes son hospitalizados por cuatro días debido a la alta dosis administrada la cual no le permite regresar enseguida a su domicilio buscando la protección radiológica de las personas que conviven a su alrededor ya sea familiares, compañeros de trabajo o personas que estén a su cuidado. Si se trata de hipertiroidismo, los pacientes digieren el radioiodo recetado en el servicio de Medicina Nuclear, pudiendo dirigirse enseguida a su domicilio, debido a su baja dosis empleada.

Cuando los pacientes con cáncer de tiroides son hospitalizados se inicia una serie de medidas de radiación externa con un detector Geiger Muller la cual indica, con datos discretos, cual es la forma en la cual evacuan temporalmente la radiación que existe en su cuerpo, lo que genera una curva de retención radiológica en el tiempo. Las medidas se las realiza a las siete de la mañana y a las siete de la noche; en posición anterior y posterior, a un metro de distancia a la altura del cuello, abdomen y pulmones.

A pacientes que padecen hipertiroidismo ejecutamos un procedimiento similar, el cual, con un detector Geiger Muller se realiza la dosimetría de radiación externa a un metro de distancia a la altura del cuello, abdomen y pulmones, todas en posición anterior y posterior. En este caso, ya que los pacientes no son hospitalizados, se les pide que retornen al servicio cada siete días para efectuar las medidas correspondientes que nos permita obtener una gráfica que indique como va eliminando la radiación remanente del cuerpo.

En el Capítulo I se hace un planteamiento formal del problema estableciendo antecedentes en la línea de investigación, se justifica porque es necesario determinar la dosimetría de radiación externa a pacientes que recibieron iodo radiactivo como terapia a curar enfermedades como el cáncer de tiroides o hipertiroidismo.

En el Capítulo II se menciona el conocimiento y estado de arte necesario para realizar esta investigación. Se detallan los fundamentos teóricos necesarios para sustentar la tesis.

En el Capítulo III se especifica los equipos que se utilizan para llevar a cabo la parte experimental que se aplica para cumplir con los objetivos que se pretende verificar. Así mismo se especifica la metodología que se utiliza para obtener los resultados de la dosimetría de radiación externa.

En el Capítulo IV se muestran los resultados obtenidos del experimento y se despliegan conclusiones y recomendaciones. También, se muestran las observaciones y que arroja la investigación.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La dosimetría en pacientes que padecen cáncer de tiroides y que han sido hospitalizados debido a la ingestión de Iodo-131 es parte de una serie de procedimientos de protección radiológica que debe estar dirigida hacia los pacientes, familiares y personal dedicado al cuidado sanitario. Dicha dosimetría debe realizarse de manera individual a cada paciente y en un lugar conveniente de tal forma que al medir la tasa de dosis no exista un fondo radiológico que perturbe la información, o a su vez, que sea lo más bajo posible.

En ese sentido, el investigador Eduardo Montero Carpio alrededor del año 2002, a través de su investigación: “PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL MANEJO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS, SOMETIDOS A RADIOISOTOPOTERAPIA CON IODO-131 (131-I) EN EL INSTITUTO ONCOLOGICO NACIONAL “Dr. JUAN TANCA MARENGO”” realiza una revisión de las Regulaciones Nacionales e Internacionales para el uso terapéutico del iodo-131 y se analizan los datos estadísticos dosimétricos de 107 pacientes portadores de cáncer (CA) diferenciado de tiroides ingresados en SOLCA en el período 1999-2002 para recibir tratamiento. Se obtuvo como resultado que la Vida Media Efectiva del iodo-131 en los pacientes de este grupo fue de alrededor de 2 días, sin embargo por las condiciones sociales propias del Ecuador, debido a los pocos conocimientos médicos generales de la población, dada la poca divulgación popular en estos temas, y al riesgo inherente en pacientes que toman altas dosis del iodo-131, no existiendo garantías de que los enfermos cumplan las regulaciones recomendadas, se hace necesario mantenerlos por un tiempo mayor de hospitalización, para de esa forma evitar daños a personas en el entorno de los pacientes que reciben este tratamiento (Carpio, 2002, p.1-8).

Así mismo, en el año 2010, los investigadores Ruiz y Ferrer a través de su investigación: “DOSIMETRÍA DE PACIENTES CON CÁNCER DIFERENCIADO DE TIROIDES EN TRATAMIENTO DE TERAPIA METABÓLICA CON 131-I A PARTIR DE MEDIDAS DE TASA DE DOSIS EXTERNA” realizan la dosimetría en cáncer diferenciado de tiroides utilizando el Protocolo de la Sociedad Española de Física, obteniendo valores de dosis recibida con un valor medio de 0,03 mSv a un metro de distancia. Sin embargo si se supone que el familiar se sitúa a 1 metro del paciente desde el instante siguiente a la administración del radiofármaco, las dosis recibidas aumentan a un valor medio del orden de 6,22 mSv (Ruiz et al, 2010, p.41)

Para el año 2013, los investigadores Quispe y Tobaoda en su investigación: “Valores de la tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de un estudio de gammagrafía ósea con tecnecio 99 metaestable” buscan determinar los valores de la tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de su estudio de gammagrafía ósea con Tc-99 metaestable en el departamento de Medicina Nuclear del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas (INEN), encontrándose que los valores de tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de su estudio de gammagrafía ósea con tecnecio 99 metaestable, son menores de 40uSv/h, en conformidad con el cumplimiento de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (Quispe et al, 2013, p.8)

Ya en el año 2014, la Revista Nefrología, que es el Órgano Oficial de la Sociedad Española de Nefrología, gracias a los investigadores Ángel Gallegos Villalobos, Fernando García López, Carmen Escalada, Juan J. Ortiz, Jorge Cardona, Amparo Medina y José Portolés, mediante la investigación “Uso de yodo radiactivo I-131 y monitorización de radiactividad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis” en el que presentan dos casos de pacientes en hemodiálisis sometidos a radioablación con yodo radiactivo, en el cual, a cada uno de los pacientes se le administró una dosis de 100 mCi de yodo-131. Hallándose que con respecto a la tasa de dosis a un metro de distancia al alta radiológica, en el primer caso fue de 16,7 μ Sv/h y en el segundo caso fue de 1,4 μ Sv/h (Gallegos et al, 2014, p.5)

Por su parte, Bautista-Ballesteros en el año 2015, a través de su investigación: “Dosimetría individualizada para pacientes de cáncer diferenciado de tiroides basada en tasa de dosis externa. Optimización del número de medidas”, comparan los resultados de la dosimetría individual en pacientes de cáncer diferenciado de tiroides tratados con iodo-131 en su centro con los límites dosimétricos establecidos y con resultados obtenidos en estudios publicados. Se ha podido comprobar que las tasas de dosis medidas con posterioridad a las 168 horas son del orden del fondo ambiental, sobre todo para las medidas a 1 m y 2 m de distancia. Como resultados pueden verse que las magnitudes dosimétricas de interés para nuestro grupo de pacientes quedan lejos de los valores limitantes (Bautista et al, 2016, p.3).

Actualmente en Ecuador no se conoce con certeza si existe un estudio en marcha que analice la dosimetría de la radiación externa en pacientes que padezcan Cáncer de Tiroides y/o Hipertiroidismo. En la Unidad de Medicina Nuclear del Hospital “Carlos Andrade Marín” IESS-Quito no se tabulan el total de los datos que arrojan los pacientes, solamente se controla la tasa de dosis el día de su alta médica.

1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de Medicina Nuclear del Hospital Carlos Andrade Marín (HCAM) es muy concurrido por la excesiva demanda de atención a pacientes que llegan a la capital desde diversas ciudades del país para ser atendidos en exámenes médicos de diagnóstico utilizando tecnecio 99 metaestable, o a su vez, utilizando iodo-131 para tratamientos (en algunos casos también para diagnóstico) terapéuticos alrededor de la tiroides, con lo cual, por ser un área en la que se maneja material radiactivo, el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), el público del HCAM y los demás pacientes de la unidad se encuentran en riesgo de estar siendo irradiados innecesariamente.

Una de las etapas para tratar el hipertiroidismo o a su vez el cáncer de tiroides es la utilización de iodo radiactivo como isótopo para la mejora considerable del paciente y restablecimiento de su salud, en la cual el radioiodo bombardea el tejido tiroideo con radiación beta (β) y gamma (γ), que, a consecuencia colateral del tratamiento al paciente, existe una gran cantidad de emisión radiológica que emite el paciente convirtiéndolo en fuente radiactiva.

En el caso de padecer cáncer de Tiroides, los pacientes son sometidos a la ingesta de Iodo-131 para lo cual son hospitalizados por su eminente emisión de radiación ionizante que puede afectar a las personas que habitan alrededor del mismo. Cuando se encuentran hospitalizados se convierten en un foco de riesgo para el personal que se encuentra al servicio de su cuidado.

En el caso de padecer hipertiroidismo, una vez administrada la dosis recetada, los pacientes retornan a sus domicilios y cada semana acuden al hospital para realizarse una medición de tasa de dosis para observar si ha sido eliminado del yodo radioactivo totalmente de su cuerpo.

La Unidad de Medicina Nuclear no cuenta con un estudio que determine la tasa de dosis promedio de radiación externa en ciertas horas o días post tratamiento de los pacientes con cáncer de tiroides e hipertiroidismo. Por tal motivo la siguiente investigación nace de la necesidad de contribuir con una mayor precisión información que revele con base en datos discretos tomados de los pacientes hospitalizados, cuál es la evolución con la que decae la radiación externa debido a la tasa de dosis que emiten al ambiente estipulando una curva de retención radiológica promedio en pacientes sometidos a terapia con radioiodo y determinar cuáles son los datos promedios que tiene cada paciente en cada día de su hospitalización, llegando a comprobar si se cumple con las normas y protocolos internacionales de alta radiológica; así mismo, observar que los valores de tasa de dosis de radiación externa para dar de alta radiológica a los pacientes se cumplen días antes de lo establecido, esto permite establecer recomendaciones de protección y seguridad radiológica en el manejo de pacientes sometidos a iodoterapia, de la misma forma, reducir considerablemente la estancia y los costos hospitalarios.

1.3 Justificación

Los principios de la protección radiológica son: blindaje, distancia y tiempo; con base en esto, determinar la dosimetría de radiación externa permitirá obtener información que indiquen los valores de tasa de dosis que los pacientes contienen en el momento en que se encuentran hospitalizados y cuando abandonan el hospital. Esto ayudará a generar un mayor cuidado y protección radiológica para el personal médico a cargo de la salud del paciente, de la misma forma, al momento del alta radiológica se podrá

remitir al paciente a su domicilio con recomendaciones más sustentadas que protejan a sus familiares y personas que rodean al paciente.

Hallar un promedio de tasa de dosis, permite determinar el tiempo necesario que requieren los internos para ser dados de alta radiológica prematuramente, generando una menor radiación hospitalaria y reduciendo el menor tiempo posible la presencia de focos radiológicos emitidos por el paciente.

Este proyecto es importante para la Unidad de Medicina Nuclear porque arroja información valiosa que indica el momento idóneo para abandonar el hospital de parte de los pacientes, buscando reducir costos económicos hospitalarios que conlleva mantener a los pacientes hospitalizados. Así mismo, evita considerablemente la exposición radiológica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar la dosimetría de radiación externa en pacientes con Hipertiroidismo y Cáncer de Tiroides tratados con Iodo-131 en el Área de Medicina Nuclear del Hospital “Carlos Andrade Marín” IESS – Quito.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estimar los valores promedios de la dosimetría de radiación externa en pacientes sometidos a tratamientos de Hipertiroidismo y Cáncer de Tiroides en determinados intervalos de tiempos post-terapia, a un metro de distancia en cuello, pulmones y vejiga urinaria.
- Determinar la curva de retención radiológica de la evolución de la dosimetría de radiación externa en cuello, pulmones y vejiga urinaria.
- Establecer recomendaciones de Protección Radiológica tanto para pacientes como para el Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE) de la Unidad de Medicina Nuclear del Hospital “Carlos Andrade Marín” IESS – Quito.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Medicina Nuclear

La medicina nuclear abarca todas las aplicaciones de los materiales radiactivos no sellados en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades o en la investigación médica. Incluye no sólo los procedimientos de diagnóstico in vivo, sino también el radioinmunoanálisis (RÍA) y los procedimientos in vitro afines (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).

Es también una especialidad médica que emplea radiaciones nucleares y técnicas biofísicas afines para la prevención, diagnóstico, terapéutica e investigación médica (Barriga et al, 2013, p.18).

Se establece una distinción entre dos tipos de aplicaciones médicas de los radionucleído, una donde se relacionan directamente con la atención de los pacientes, y otra donde contribuyen a comprender la naturaleza de la enfermedad (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).

La aplicación de la medicina nuclear al diagnóstico tiene tres facetas:

- un problema clínico,
- un radiofármaco que se administra al paciente,
- un instrumento que se utiliza para detectar la radiactividad ya externamente in vivo, in vitro en la sangre, la orina o el líquido cefalorraquídeo (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).

Son cuatro categorías fundamentales para la aplicación de la medicina nuclear:

- Detección externa in vivo de radiactividad después de la administración interna de algún radionucleído. Esto incluye la obtención de imágenes de la tiroides por ejemplo (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).
- Medición in vitro de la radiactividad en un eluato clínico después de la administración interna de un radionucleído. Esto incluye estudios de absorción, por ejemplo, absorción de vitamina B-12; estudios de la composición del cuerpo, por ejemplo, el total de agua corporal; de proteínas, y aplicaciones hematológicas, por ejemplo, supervivencia de hematíes (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).
- Análisis in vitro donde no se administran sustancias radiactivas al paciente, por ejemplo, radioinmunoanálisis (RÍA) de hormonas (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).

- Terapia con radioisótopos, por ejemplo, yodo radiactivo para el cáncer de tiroides (Ganatra y Nofal, 1986, p.5).

2.2 Cáncer de Tiroides

El cáncer de la glándula tiroides comprende grupos heterogéneos de neoplasias de muy variado comportamiento biológico, que incluye, desde grupos de tumores de lento desarrollo y muy baja malignidad clínica, hasta grupos de tumores de crecimiento rápido y altísima peligrosidad. La mayoría de tumores está constituido por el primer grupo de lento crecimiento y baja malignidad. Es más frecuente en las mujeres que en los hombres, generalmente en edad avanzada (Patiño et al, 1976, p.153).

El cáncer de tiroides es la neoplasia endocrina más frecuente siendo el carcinoma papilar de tiroides (CPT) el subtipo que representa el 75 – 80% de los casos (González y Mosso, 2006, p.1).

El CPT se presenta con mayor frecuencia como un nódulo tiroideo palpable, que puede ser único o en el contexto de un bocio multinodular (González y Mosso, 2006, p.1).

2.2.1 Clasificación.-

Desde el punto de vista clínico, se clasifican los carcinomas de tiroides en tres grandes grupos:

2.2.1.1 Carcinomas diferenciados, de crecimiento lento y baja malignidad.-

Este grupo está formado por los carcinomas papilar y folicular, que constituyen la gran mayoría de los cánceres de tiroides y se caracterizan por un crecimiento lento, tanto en el sitio primario como en la metástasis. No es raro observarlos en un estado clínicamente estacionario por ocho a diez años, y sin embargo, eventualmente resultan en invasión de la tráquea, laringe y esófago (Patiño et al, 1976, p.153).

El carcinoma folicular exhibe un mayor grado de malignidad que el papilar, por su mayor tendencia a invadir y a dar metástasis lejanas, especialmente en el pulmón y los huesos. Pero aun así, el cuadro es compatible con una supervivencia que puede llegar a ser de varios años (Patiño et al, 1976, p.153).

El carcinoma papilar es el tumor característico de la juventud. Es el más frecuente de los carcinomas tiroideos: 50 a 60% en los adultos, 80% en niños. El carcinoma papilar por su alta incidencia y baja malignidad, es un tumor tiroideo que ha creado la falsa imagen de que todos

los cánceres de tiroides son compatibles con una larga expectativa de vida (Patiño et al, 1976, p.153).

2.2.1.2 Carcinomas indiferenciados, de crecimiento rápido y muy agresivo, de muy alta malignidad.

Estos tumores son de la más alta malignidad y se denominan también carcinoma anaplásico. Generalmente se presentan en un estado avanzado, y es tal su agresividad, que el paciente se considerado inoperable en el primer examen. Tiene una marcada tendencia a invadir la tráquea y las vías aéreas superiores. Representan alrededor del 15% de todos los carcinomas tiroidianos (Patiño et al, 1976, p.153).

2.2.1.3 Carcinoma medular, que representa una entidad diferente, de etiología totalmente distinta, y de una grado intermedio de malignidad.

También llamado carcinoma sólido de estroma amiloide, ocupa un lugar intermedio entre la baja agresividad de los carcinomas diferenciados y la altísima malignidad de los carcinomas indiferenciados (Patiño et al, 1976, p.153).

2.2.2 Etapificación

Una vez que se ha confirmado el diagnóstico de CPT, como en cualquier cáncer, se debe realizar la etapificación. Aunque existen múltiples clasificaciones para el CPT, regularmente se utiliza el sistema TNM de la American Joint Committee on Cancer. El TNM, al igual que otras clasificaciones, considera factores propios de la diseminación del tumor y además el factor pronóstico más importante del CPT, que es la edad del paciente al momento del diagnóstico como se observa en la Tabla 1-2. En la mayoría de los casos, el examen físico y la ecografía son suficientes para determinar la extensión del tumor primario (T) (González y Mosso, 2006, p.1).

Tradicionalmente, la evaluación de los linfonodos cervicales (N) se ha realizado solo con el examen físico, sin embargo, datos recientes nuestros y de otros autores muestran que hasta un 20% de los pacientes tienen adenopatías no palpables que son detectadas con una ecografía cervical dirigida. Por esto, para la detección de adenopatías subclínicas recomendamos que la evaluación de los linfonodos incluya una ecografía cervical completa que sea realizada por un radiólogo familiarizado con las vías de diseminación linfáticas del CPT (González y Mosso, 2006, p.1).

La evaluación de las metástasis a distancia (M) por CPT en general depende del compromiso loco-regional. Así, en un paciente con un tumor localizado y sin metástasis linfáticas la radiografía de tórax es suficiente dado la baja probabilidad de enfermedad a distancia. En

cambio en un paciente con enfermedad local y regionalmente avanzado considerará una TAC de tórax sin contraste. Debe recordarse que el yodo radioactivo no solo tiene un propósito terapéutico sino también porque permite el rastreo sistémico lo que hace posible visualizar la diseminación tumoral hacia otros sitios, contribuyendo así a la evaluación de la enfermedad a distancia (González y Mosso, 2006, p.1).

Tabla 1-2: Sistema TNM para la etapificación del cáncer de tiroides

Definición		
T1	Diámetro de tumor 2 cm o menos	
T2	Diámetro tumor primario > 2cm hasta 4cm	
T3	Diámetro tumor primario > 4cm limitado a la tiroides con extensión extratiroidea mínima	
T4a	Tumor de cualquier tamaño que traspasa la cápsula, invade tejido blando subcutáneo, laringe, tráquea, esófago, o nervio laríngeo recurrente	
T4b	Tumor invade fascia prevertebral o rodea arteria carótida o vasos mediastínicos	
TX	Tamaño tumor primario desconocido	
N0		
N0	Sin evidencia de metástasis linfáticas	
N1a	Metástasis al nivel VI (pre- o para-traqueal, prelaríngeo, o linfonodos deltoideos)	
N1b	Metástasis unilateral, bilateral, cervical contralateral o linfonodos mediastínicos superiores.	
NX	Linfonodos no evaluados en la cirugía	
M0		
M0	Sin evidencia de metástasis a distancia	
M1	Metástasis a distancia	
MX	Metástasis a distancia no evaluados	
	Paciente < 45 años	Paciente > 45 años o más
Estadio I	Cualquier T o N, M0	T1, N0, M0
Estadio II	Cualquier T o N, M1	T2, N0, M0
Estadio III		T3, N0, M0
		T1, N1a, M0
		T2, N1a, M0
		T3, N1a, M0
Estadio IVa		T4a, N0, M0
		T4a, N1a, M0
		T1, N1b, M0
		T2, N1b, M0
		T3, N1b, M0
	T4a, N1b, M0	

Estadio IVb		T4b, cualquier N, M0
Estadio IVc		Cualquier T o N, M1

Fuente: (González y Mosso, 2006, p.1).

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

2.2.3 *Tratamiento*

2.2.3.1 *Cirugía*

Para elegir qué tipo de intervención se va a realizar se debe evaluar la extensión del tumor primario y la presencia de metástasis en los linfonodos cervicales. La necesidad de una tiroidectomía total en todos los pacientes ha sido ampliamente debatida. En la mayoría de los centros importantes del mundo se prefiere la tiroidectomía total. Las ventajas de esta aproximación incluyen:

- Disminución de la recurrencia local (González y Mosso, 2006, p.1).
- Posibilita el tratamiento con yodo radioactivo para el manejo de la enfermedad microscópica (González y Mosso, 2006, p.1).
- Permite realizar un seguimiento con tiroglobulina. La desventaja es que la lobectomía mas itsmectomía, tendría menor morbilidad (González y Mosso, 2006, p.1).

Dado que la gran mayoría de los CPT son de menos de 4 cm y no invaden las estructuras circunvecinas, la tiroidectomía total es suficiente en aproximadamente el 80 - 85 % de los casos. El manejo de tumores localmente avanzados, puede requerir la resección de músculos pretiroideos o resecciones parciales de traquea o esófago, incluyendo el nervio laríngeo recurrente (González y Mosso, 2006, p.1).

Las complicaciones específicas de la tiroidectomía total son la lesión del nervio laríngeo recurrente (disfonía) y la hipocalcemia. La gran mayoría de estas complicaciones son leves y se recuperan dentro de los primeros 3 meses de la operación. Otras complicaciones poco frecuentes son el hematoma cervical precoz (12 hrs) que ocurre en el 1-2% de los casos y la infección de la herida operatoria que ocurre en menos del 1% (González y Mosso, 2006, p.1).

A nivel regional, el CPT puede dar metástasis linfáticas con una frecuencia que varía entre un 50-80% de los casos. Sin embargo, la disección cervical solo se realiza en presencia de metástasis clínicamente evidentes, ya sea por examen físico o una ecografía cervical dirigida. Con este criterio, el porcentaje de pacientes que requieren una disección cervical al diagnóstico de un CPT es cercano al 20-25% (González y Mosso, 2006, p.1).

En el resto de los pacientes la metástasis linfática microscópica es tratada con el radioiodo. La recidiva linfática del CPT luego de una tiroidectomía total y radioiodo es aproximadamente un 10 – 15% (González y Mosso, 2006, p.1).

En aquellos pacientes que presentan metástasis linfáticas clínicamente evidentes, ya sea al primer diagnóstico o por recidiva, debe realizarse una disección cervical formal que incluye la resección, tanto de la enfermedad macroscópica, como el tejido linfático en riesgo (>a 20%) de presentar metástasis, esto significa que la disección debe incluir los niveles II, III y IV, el nivel Vb y nivel VI (región paratraqueal). A pesar de que el control regional de los linfonodos metastáticos no influye mayormente en la sobrevida de pacientes con CPT, realizar disecciones más limitadas tiene un riesgo importante de recurrencia cervical. La re-exploración cervical por recurrencia ganglionar es más mórbida en particular en la región paratraqueal (nivel VI), en donde hay mayor riesgo de lesión del nervio laríngeo recurrente y de daño isquémico de las glándulas paratiroides. Además, la cirugía por recurrencia implica un alto costo económico, psicológico y físico de parte de los pacientes (González y Mosso, 2006, p.1).

2.2.3.2 *Iodo Radioactivo*

El uso de radioiodo post quirúrgico en el manejo del CPT cumple diversas funciones:

- Ablación: permite la erradicación de los remanentes de tejido tiroideo normal asegurando la posibilidad de contar con la tiroglobulina como marcador plasmático para el seguimiento tumoral (González y Mosso, 2006, p.1).
- Tratamiento: Irradiación localizada de enfermedad tumoral persistente conocida o desconocida al momento del tratamiento. La avidéz por el iodo de las células tiroideas y de la mayor parte de las células tumorales permite que el iodo radioactivo sea captado por éstas. Dada la gran prevalencia de enfermedad linfática microscópica, el uso del iodo radioactivo y el rastreo sistémico, permite descubrir enfermedad oculta y tratarla a la vez. La dosis de iodo-131 se administra aproximadamente a las 4 semanas de la tiroidectomía con niveles de TSH > 30 u/dl para maximizar la captación de iodo. A los siete días de la dosis se realiza el rastreo sistémico total del cuerpo para localizar el remanente y visualizar posibles metástasis (González y Mosso, 2006, p.1).
- Seguimiento: Es posible usar el iodo radioactivo en dosis bajas para la realización de estudios de seguimiento en paciente de riesgo moderado o alto (González y Mosso, 2006, p.1).

2.3 Hipertiroidismo.

El hipertiroidismo se presenta con un cuadro clínico característico por la hiperproducción de hormonas tiroideas por el tiroides, y obedece a múltiples causas. Su forma clínica más frecuente es el bocio tóxico difuso o enfermedad de Graves Basedow. Es un síndrome caracterizado por manifestaciones de tirotoxicosis, bocio y manifestaciones extratiroideas, entre las que se encuentra la orbitopatía, que en ocasiones sigue un curso independiente de la enfermedad tiroidea (Infantes y Turcios, 2013, p.1).

El bocio tóxico difuso (BTD) constituye la forma más frecuente de hiperfunción de la glándula tiroidea. Esta enfermedad es más frecuente en la mujer que en el varón, se caracteriza por la presencia de hipertiroidismo, bocio difuso y elástico, así como oftalmopatía, dermatopatía, acropaquia tiroidea y onicolísis. Es una enfermedad autoinmune en la cual los anticuerpos para el receptor de la tirotropina estimulan al receptor de la tirotropina (TSH), e incrementan la producción de hormona tiroidea. Como criterios diagnósticos se consideran todos aquellos pacientes con la sospecha clínica, o con el diagnóstico previo de BTD (Infantes y Turcios, 2013, p.2).

2.3.1 Tratamiento

El hipertiroidismo no tiene un único tratamiento ideal. Existen actualmente distintas opciones terapéuticas con ventajas y desventajas, y a su vez cada una de ellas puede llevarse a cabo con distintas modalidades (Gauna et al, 2013, p.2).

Las opciones terapéuticas son el tratamiento médico con drogas antitiroideas (DAT) y el tratamiento radical quirúrgico o con radioyodo (¹³¹I) (Gauna et al, 2013, p.2).

Es de elección el tratamiento con DAT en pacientes de inicio, con alta probabilidad de remisión (especialmente mujeres, con enfermedad leve, bocios pequeños, y anticuerpos antireceptor de tirotrófina (TRAb) negativos o títulos bajos) y en los pacientes con oftalmopatía de Graves (OG) activa moderada a severa o en aquellos con contraindicación de radioyodo o cirugía (Gauna et al, 2013, p.2).

Es contraindicado este tratamiento en aquellos pacientes con antecedente de reacción adversa mayor a antitiroideos. El tratamiento con radioyodo es de indicación ante la recidiva del hipertiroidismo, en los pacientes que no cumplen el tratamiento médico o tienen contraindicación de antitiroideos. El yodo-131 está contraindicado en embarazo, lactancia y en personas que no puedan cumplir con las normas de seguridad de la radiación (Gauna et al, 2013, p.2).

2.3.1.1 Tratamiento con Drogas Antitiroideas.

Óptimamente, el tratamiento debe inducir una cura rápida, fácil, efectiva y permanente de la enfermedad, con baja tasa de complicaciones y, de ser posible a bajos costos. La remisión del hipertiroidismo en pacientes bajo tratamiento exclusivo con propranolol, droga carente de efectos antitiroideos e inmunosupresivos, sugirió que esta remisión podía ser espontánea, pero solo en pacientes con formas más leves de la enfermedad. Si bien un 20-30 % de pacientes pueden entrar en remisión, aun sin el tratamiento específico, es necesario asegurar el eutiroidismo en el 100 % de los pacientes dado el impacto clínico del mismo (Gauna et al, 2013, p.3).

2.3.1.2 Tratamiento con Iodo-131.

El iodo-131 es utilizado desde hace más de 6 décadas, ha demostrado ser clínicamente exitoso, seguro y de bajo costo-beneficio. Es administrado oralmente en dosis única de Ioduro de sodio marcado con iodo-131 en forma líquida o en cápsula. Existen contraindicaciones absolutas para su utilización: embarazo, lactancia, coexistencia de cáncer tiroideo o sospecha del mismo, pacientes que no puedan cumplir las medidas de seguridad y pacientes con intención de embarazo en los próximos 6-12 meses (Gauna et al, 2013, p.9).

Es ideal que la dosis de iodo-131 lleve rápidamente el eutiroidismo, evitando el hipotiroidismo. Sin embargo, en casos de reacciones adversas a los antitiroideos debe llevarse al paciente al hipotiroidismo. Se sugiere la optimización de la actividad de iodo-131 a administrar con el fin de reducir el hipotiroidismo y alcanzar un incremento en la tasa de eutiroidismo post-dosis terapéutica (Gauna et al, 2013, p.9).

Existen dos formas de decidir la dosis a administrar: dosis fijas (semicuantitativas) o dosis calculadas según el tamaño glandular, la captación del iodo-131 y la actividad de iodo-131 que se debe administrar por gramo de tejido. Las dosis fijas están en el rango de 5, 10 o 15 mCi basadas en el tamaño glandular. Utilizando dosis en el rango de 5 a 10 mCi se calcula una dosis absorbida de 50 a 100 Gy aproximadamente. En el método de dosis calculada, por lo general se calcula entregar 80 a 200 uCi/g de tejido, corrigiendo por la captación a 24 horas (Gauna et al, 2013, p.9).

2.3.1.3 Tratamiento Quirúrgico

La tiroidectomía ya no es la elección preferida en la terapia del hipertiroidismo por enfermedad de graves, no obstante puede ser el procedimiento adecuado para pacientes con esta enfermedad que no responden o manifiestan reacciones adversas al tratamiento con drogas antitiroideas, portan grandes bocios, presentan nódulos sospechosos de malignidad, se niegan a recibir terapia con iodo-131 o recidivan al tratamiento médico o con radioiodo, o en algunos casos de oftalmopatía moderada a severa (Gauna et al, 2013, p.9).

2.4 Iodo-131

El iodo-131 posee una vida media física de 8,04 días. Decae por emisión γ (gamma) de alta energía (364 keV) y emisión de partículas β (beta). La emisión β tiene una energía promedio de 192 keV (energía máxima de 606 keV), la partícula β deposita la mayor parte de su energía hasta un rango de 2,2 mm (distancia promedio igual a 0,5 mm) de su sitio de origen (Robledo y Russo, 2018, p.5).

Dado que se concentra predominantemente en el tejido tiroideo, el iodo-131 es usado en el tratamiento del cáncer de tiroides al destruir las células malignas y el tejido tiroideo residual a través de la emisión β ; el fotón gamma es usado para obtener imágenes, pero también es el responsable de que se necesiten medidas de radioprotección para el personal y público en general (Robledo y Russo, 2018, p.5).

El tratamiento con iodo-131 se basa en la capacidad del tiroides de organificar yodo que persiste únicamente en las células de los cánceres diferenciados (papilar, folicular) de tiroides. La incapacidad de captar yodo por parte de tumores anaplásicos o de origen no folicular impide el tratamiento con iodo-131 en este tipo de neoplasias (Fuster et al, 2018, p.1).

La finalidad del tratamiento con iodo-131 es la destrucción del tejido tiroideo funcional ya sea tejido normal o neoplásico, cervical o extracervical (Fuster et al, 2018, p.1).

La indicación básica del tratamiento con iodo-131 es la ablación del tejido captante visible en el RCT, ya sean restos posquirúrgicos (con o sin neoplasia), recidiva tumoral o metástasis. Sin embargo, hay grupos que proponen realizar tratamiento coadyuvante con iodo-131 aunque el RCT sea negativo, sobre todo cuando hay factores de mal pronóstico o alto riesgo de recidiva (Fuster et al, 2018, p.2).

Hay dos formas de realizar el tratamiento con iodo-131: mediante dosis bajas (< 30 mCi) y fraccionadas, o con una dosis alta única (> 100 mCi). En ambos casos, la vía de administración suele ser la oral, en forma de cápsulas (Fuster et al, 2018, p.2).

La administración de iodo-131 está dirigida fundamentalmente al tratamiento de dos patologías de la glándula tiroidea: cáncer e hipertiroidismo y eventualmente en el tratamiento del bocio eutiroideo. El iodo-131 es administrado por vía oral, en forma de solución de yoduro de sodio. Las soluciones de yoduro de sodio, contienen tiosulfato de sodio al 0,2% como agente estabilizante destinado a evitar la salida del iodo libre al aire (Trano et al, 2018, p.8).

En pacientes con alteraciones de la mucosa gástrica o con disfagia puede ser aconsejable la administración intravenosa del iodo-131. La ventaja del tratamiento con dosis bajas es que evita

la necesidad de ingreso hospitalario. Sin embargo, esta modalidad conlleva un mayor riesgo de recidivas y puede producir aturdimiento del tejido tumoral. El único inconveniente de administrar una dosis alta única es la necesidad de ingreso hospitalario. La tendencia actual es administrar dosis altas y únicas de yodo-131. La dosis administrada oscila entre 100 y 200 mCi (Fuster et al, 2018, p.2).

La mayoría de grupos aconsejan administrar 100 mCi si sólo hay restos tiroideos posquirúrgicos cervicales, 150-175 mCi cuando hay infiltración ganglionar cervical, 175-200 mCi en metástasis pulmonares y 200 mCi en los casos de metástasis óseas. El ingreso del enfermo está motivado por la necesidad de aplicar las normas de radioprotección. El paciente debe estar aislado en una habitación preparada (paredes plomadas o de hormigón baritado) y debe recogerse su orina, ya que es la vía de eliminación principal del yodo-131 que no se fija en el tejido tiroideo residual o en el tumor (Fuster et al, 2018, p.2).

El radioyodo, aplicado tras la exéresis quirúrgica del tiroides, mejora el pronóstico y disminuye el índice de recurrencias en pacientes diagnosticados de carcinoma diferenciado de tiroides. La tendencia actual es utilizar dosis bajas de yodo-131 en el RCT previo a la terapia con radioyodo con el fin de reducir el aturdimiento tiroideo (Fuster et al, 2018, p.5).

En el tratamiento del cáncer tiroideo, se administran actividades de 100-200 mCi de yodo-131. La actividad a ser administrada depende del volumen del resto tiroideo remanente de la cirugía y de la presencia o no de metástasis. En el tratamiento del hipertiroidismo se administraron actividades del orden de los 4-15 mCi (Trano et al, 2018, p.8).

2.4.1 Fracción de retención de Iodo

El yodo ingresa al organismo con el agua y los alimentos, siendo absorbido en el intestino. Circula en la sangre en concentraciones muy bajas, de la cual la tiroides extrae un tercio y el riñón depura los dos tercios restantes. Si el organismo recibe una cantidad adicional de yodo, la tiroides absorbe por término medio aproximadamente el 25% de la misma. Esta cantidad depende de la ingesta habitual de yodo con los alimentos. Si la cantidad de yodo ingerida es baja la absorción puede representar fácilmente el 50%. Si la ingesta diaria es alta puede no ser mayor a 5-10%. El resto es eliminado del organismo fundamentalmente por orina, también por otras excretas como heces, sudor, saliva y aire espirado (Trano et al, 2018, p.8).

Las células tiroideas cancerosas pierden en parte su capacidad de captación de yodo, por lo tanto el nivel de absorción de éstas es menor que el del tejido tiroideo normal. Después de la intervención quirúrgica solo queda una pequeña cantidad de tejido tiroideo y si a esto le sumamos la disminución en la capacidad de captación, solo se absorberá una pequeña fracción de la actividad administrada. En estos casos, el 80% al 90% de la actividad administrada es

eliminado durante las primeras 48 horas posteriores a la administración. En pacientes que presentan metástasis, la excreción se hace mucho más lenta (Trano et al, 2018, p.8).

2.4.2 Forma física del iodo-131.

El iodo-131 es separado en la forma de ioduro de sodio (INa) de los productos de fisión de Uranio o de la irradiación neutrónica de Telurio. Se encuentra disponible sin portador agregado (NCA), y cualquier actividad presente en otra forma química no debe exceder el 5% del total de la radiactividad. Es suministrado en cápsulas o como solución líquida de ioduro de sodio para administración oral (Robledo y Russo, 2018, p.5).

El iodo-131 es una solución líquida clara e incolora volviéndose isotónica con solución salina fisiológica. El aire oxida el ion I^- a I_2 volátil el cual es potencialmente peligroso. La solución para que no exista oxidación del aire es adicionando sodio ascórbico o tiosulfato a la solución en un PH alcalino entre 7,5 y 9,0. Las cápsulas, en cambio, son preparadas evaporando una solución alcohólica de iodo-131-NaI (NCA) en el interior de una cápsula de gelatina donde la actividad permanece confinada (Robledo y Russo, 2018, p.5).

La cantidad total de iodo radiactivo se reduce a la mitad de su valor inicial (vida media efectiva) dependiente del estado de enfermedad: 1 día en el caso del cáncer de tiroides y la extirpación total del tejido tiroideo, 4-5 días en el hipertiroidismo y 7 días en pacientes con bocio eutiroideo (Trano et al, 2018, p.9).

2.4.3 Administración de la dosis de iodo-131.

El paciente, derivado por su médico endocrinólogo, llega al servicio de Medicina Nuclear a solicitar un turno para realizar un tratamiento con iodo radiactivo después de haber sido sometido a una tiroidectomía. En la primera instancia se le realiza un estudio denominado centellograma tiroideo, para visualizar en forma cualitativa el resto de tiroides que presenta el paciente, y determinar en conjunto con el resultado de la anatomía patológica del tumor y su compromiso regional la dosis de tratamiento a recibir posteriormente. Luego de informado el centellograma y establecida la dosis a administrar se concreta otra cita para hacer efectiva dicha administración que da comienzo al tratamiento propiamente dicho (Robledo y Russo, 2018, p.6).

Inmediatamente después de la ingesta de la dosis establecida, con ayuno previo, el paciente puede ser internado o regresar a su domicilio. Luego de una semana retorna al servicio a realizarse un estudio denominado rastreo post dosis terapéutica (Robledo y Russo, 2018, p.6).

Finalmente el paciente debe esperar aproximadamente unos seis meses para volver al Servicio de Medicina Nuclear a efectuarse un nuevo estudio control, llamado rastreo corporal total (RCT) que determina la efectividad que tuvo el tratamiento anteriormente realizado. Si este arroja un resultado negativo volverá a los seis meses o al año siguiente a repetirlo para establecer de este modo un seguimiento de la enfermedad, pero si el resultado es positivo puede ser necesaria la administración de otra dosis terapéutica de yodo-131 (Robledo y Russo, 2018, p.6).

El RCT se realiza en dos etapas: en la primera el paciente toma una dosis de 5 mCi de yodo (dosis diagnóstica) y 48 h después vuelve al servicio, para realizar las imágenes, bajo cámara gamma. Para complementar este estudio, el paciente previamente suspendió la medicación de hormona tiroidea si la estaba consumiendo y realizó una dieta baja en yodo (Robledo y Russo, 2018, p.6).

Si el resultado indica que debe recibir una nueva dosis terapéutica continua con la dieta y sin medicación hasta el momento de recibir la dosis. El día de la ingesta de la dosis terapéutica, el paciente firma un consentimiento, donde se consignan todos sus datos: nombre y apellido, número de documento, dosis recibida y nombre del médico solicitante (Robledo y Russo, 2018, p.6).

2.5 Tratamiento Médico.

El radioyodo se ha utilizado en el tratamiento de pacientes con cáncer diferenciado de tiroides desde la década de 1940. El radioyodo es captado por las células foliculares e induce su destrucción por la emisión de radiación beta de corto alcance. La radiación gamma emitida por el yodo-131 permite visualizar la captación del isótopo por el tejido tiroideo (Wohlk y Domínguez, 2015, p.36).

Según el riesgo de cada paciente, el objetivo de la primera dosis de yodo-131 puede ser:

- Ablación del remanente tiroideo post quirúrgico y detección de enfermedad persistente/recurrente (Wohlk y Domínguez, 2015, p.36).
- Terapia adyuvante, para disminuir riesgos de recurrencia y mortalidad, en pacientes con enfermedad micrometastásica subclínica (Wohlk y Domínguez, 2015, p.36).
- Terapia de enfermedad residual o metastásica clínicamente evidente (Wohlk y Domínguez, 2015, p.36).

La efectividad del tratamiento depende de la preparación del paciente, las características del tumor y la dosis de yodo-131 administrada (Wohlk y Domínguez, 2015, p.36).

En general, los estudios retrospectivos disponibles muestran que el yodo-131 disminuye claramente el riesgo de recurrencia y de mortalidad en pacientes con riesgo alto de persistencia o recurrencia, siendo discutida su utilidad en el grupo de pacientes de riesgo bajo (Wohlk y Domínguez, 2015, p.36).

2.6 Tasa de Dosis.

La tasa de dosis es una magnitud que indica la intensidad del campo de radiación ionizante existente en un instante dado y por tanto proporciona la información dosimétrica de un modo inmediato. Esta magnitud es la adecuada para la caracterización radiológica de lugares o la vigilancia instantánea y/o continuada de campos de radiación ionizante que pueden variar con el tiempo y alcanzar niveles que pueden resultar inadecuados para las personas expuestas (CSN, 2013, p4).

La tasa de dosis absorbida se define como el cociente entre el incremento de la dosis absorbida durante un intervalo de tiempo, y se expresa en Gy/s o Gy/h (Baños, 2018, p.5).

A pesar de la minuciosidad en la elaboración de las magnitudes radiológicas nombradas hasta ahora, pronto quedó patente que una misma cantidad de dosis de radiación absorbida podría provocar unos efectos biológicos muy diferentes, en función del tipo de agente ionizante que emitía o producía la radiación. Según se ha podido comprobar en estudios efectuados sobre efectos biológicos de la radiación, la dosis absorbida en un tejido orgánico no determina el efecto biológico resultante ya que intervienen otros factores como la naturaleza de la radiación, energía y espectro de la radiación, tipo de efecto biológico, etc. (Baños, 2018, p.5).

La radiobiología ha dirigido sus esfuerzos en la definición de una nueva unidad que tome en consideración de los efectos biológicos que se observan. Dado que la mayoría de los conocimientos sobre efectos biológicos se adquirieron sobre animales de experimentación, especialmente mamíferos, la unidad creada para tal fin define la radiación que es equivalente entre los mamíferos (radiation equivalent mammalian): rem (Baños, 2018, p.6).

La definición de rem también debería expresar una comparación entre los diferentes agentes productores de radiación. Así pues, el rem es la cantidad de radiación ionizante, de cualquier tipo de radiación ionizante (α , β , γ , X, etc.,) que tiene el mismo efecto biológico que un rad de rayos X producido a 200 keV. En radiodiagnóstico se acepta que, puesto que los rayos X más utilizados poseen un Kilovoltaje pico (kVp) de 150 keV, serán éstos los que se utilicen como medida para comparar el efecto biológico de las radiaciones ionizantes. En la práctica, cuando se compara un rad de rayos X con un rad de rayos X, el cociente es la unidad. Así pues, dado que en Radiodiagnóstico no utilizamos rayos generados a 200 kVp, aunque se vuelve a cometer

un pequeño error, pero se admite que 1 rad es igual a 1 rem para rayos X y radiación gamma (Baños, 2018, p.6).

Sin embargo, para valorar otros tipos de radiación ionizante se creó el concepto de Eficacia Biológica Relativa (EBR). En la práctica, la Eficacia Biológica Relativa representa el cociente en donde se compara el efecto biológico de un rad de cualquier tipo de radiación ionizante, con el efecto biológico de un rad de rayos X producido con 200 keV. El resultado es un número adimensional que recibía la denominación de Factor de Calidad (Q), y que expresa el grado de agresividad de los diferentes tipos de radiación cuando se comparaban con los rayos X (Baños, 2018, p.6).

Sin embargo, otra vez esta unidad tuvo que ser sustituida por una nueva unidad para el Sistema Internacional. Arbitrariamente, esta nueva unidad se ha denominado Sievert (Sv), en honor al Profesor sueco Rof Sievert. Por analogía con la definición que se realizó de la dosis de absorción, se define el Sievert como la dosis de radiación que es equivalente a 100 rem. También en este caso se emplean los submúltiplos de esta unidad (Baños, 2018, p.6).

El uso cotidiano y frecuente de mili Sievert (mSv) en la práctica habitual lo ha convertido en la unidad moderna e internacional de equivalencia biológica y como consecuencia de ello, en la unidad más empleada en Protección Radiológica. Como en los casos anteriores, aquí la tasa de dosis equivalente se define como el cociente entre el incremento de la dosis equivalente en un intervalo de tiempo. Las unidades quedan expresadas en Sv/h, mSv/h, μ Sv/h (Baños, 2018, p.7).

En la actualidad se define como Dosis equivalente el promedio de las dosis absorbidas en los tejidos u órganos irradiados, ponderadas únicamente por el factor de ponderación de la radiación (W_R). Su unidad es el J/Kg, que recibe el nombre de Sievert (Baños, 2018, p.8).

$$HT = \sum W_R * D_{T,R} \quad (1)$$

donde,

HT = dosis equivalente

$D_{T,R}$ = dosis absorbida en el tejido u órgano

W_R = factor de ponderación de la radiación, que depende exclusivamente de las características de la radiación, en concreto de su transferencia lineal de energía (LET) (Baños, 2017).

La tasa de dosis se mide con dispositivos denominados monitores que se basan en distintos tipos de detectores (generalmente de ionización en gases o de centelleo) que necesitan para su correcto funcionamiento alimentación eléctrica (por lo que también se les denominan

instrumentos activos) y que condicionan en parte su tamaño, peso y autonomía de funcionamiento (CSN, 2013, p4).

Los monitores de tasa de dosis deben estar calibrados en las magnitudes radiológicas definidas para la vigilancia de área o ambiental, que son la Dosis equivalente ambiental, $H^*(d)$ y Dosis equivalente direccional, $H^*(d, W)$. Ambas magnitudes tienen el Sievert (Sv, $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$) como unidad del Sistema Internacional y sus tasas se suelen referir al periodo de una hora ($\mu\text{Sv/h}$, mSv/h) aunque en algunos casos donde los valores de la tasa puedan ser más elevados se pueden referir a minutos e incluso segundos (CSN, 2013, p4).

2.7 Dosimetría de Radiación Externa.

Dosimetría externa es la medición de la dosis producida por la radiación externa. La dosimetría personal comprende dos modalidades complementarias pero claramente diferenciadas: la dosimetría de la radiación externa y la dosimetría de la radiación interna (CSN, 2009, p.7).

La Dosimetría Personal Externa contempla aquellas situaciones en las que la irradiación se produce por fuentes externas al organismo humano y se realiza, de forma práctica, mediante el uso de dosímetros personales capaces de evaluar la dosis equivalente personal, $H_p(d)$ (CSN, 2009, p.7).

Los detectores de radiación son instrumentos de lectura directa, generalmente portátiles, que indican la tasa de radiación, es decir, la dosis por unidad de tiempo. Estos instrumentos son útiles para la medida de radiactividad ambiental o de contaminación radiactiva. La mayoría de estos medidores de radiación ionizante se basan en alguno de estos fenómenos: ionización de gases, excitación por luminiscencia o detectores semiconductores (Benés y Carrera, 2005, p.5).

Los dosímetros son medidores de radiación diseñados para medir dosis de radiación acumulada durante un periodo de tiempo y normalmente se utilizan para medir la dosis a que está expuesto el personal que trabaja, o que permanece en zonas en las que existe riesgo de irradiación. De acuerdo con el principio de funcionamiento pueden ser: de cámara de ionización, de película fotográfica o de termoluminiscencia. Estos últimos son los más utilizados, ya que permiten leer la dosis recibida y acumulada en un período largo de tiempo, normalmente de un mes (Benés y Carrera, 2005, p.5).

2.8 Actividad.

La actividad (A) de un radionucleído se define como el número de transformaciones nucleares espontáneas que se suceden en el mismo en la unidad de tiempo, siendo su unidad de medida en el sistema internacional (SI) el Becquerelio (Bq), que corresponde a una desintegración por segundo. La unidad en el sistema Cegesimal es el Curio (Ci) que equivale a $3,7 \times 10^{10}$ Bq (Benés y Carrera, 2005, p.5).

2.9 Periodo de Semidesintegración.

Periodo de semidesintegración, es el tiempo necesario (T) para que la actividad de un radionúclido se reduzca a la mitad (Benés y Carrera, 2005, p.5).

2.10 Detector de radiación Geiger Müller.

En función de la situación o características de la instalación y/o los puntos a medir se pueden utilizar diferentes tipos de instrumentos para evaluar los niveles de radiación (CSN, 2013, p.5).

Los contadores Geiger-Müller (G-M) evalúan el producto de la tasa de fluencia de la radiación y la probabilidad de interacción con el volumen activo del contador. La respuesta de estos contadores respecto a la unidad de dosis es superior a bajas energías, que en la energía para la cual se calibran. Por tanto, para su uso correcto es necesaria alguna forma de compensación en energía. De manera que un G-M compensado correctamente tiene una respuesta en energía que varía sólo en un ± 10 , en un rango desde 50 keV hasta 3 MeV (CSN, 2013, p.5).

El blindaje colocado como filtro para compensar en energía es suficiente para eliminar cualquier posible contribución de radiación beta. El fondo interno de un contador G-M está causado por trazas de radiactividad en sus componentes. El fondo se puede evaluar colocando el contador en el interior de un blindaje de plomo de 10 cm, analizando los pulsos que no están en coincidencia con los obtenidos por otros contadores del mismo tipo situados fuera del blindaje (CSN, 2013, p.5).

El fondo intrínseco no cambia significativamente durante la vida del contador pues los radionucleídos presentes tienen períodos muy grandes. Un valor típico de fondo intrínseco en un contador G-M es de $0,2 \text{ s}^{-1}$ (CSN, 2013, p.5).

2.11 Curvas de Retención.

Las curvas de retención en un órgano fuente, (o curvas de actividad vs, tiempo) son gráficos de la actividad presente en el órgano en función del tiempo. En general estas curvas tendrán una

fase de captación, seguida de una o varias fases de depuración, donde la actividad decrece (ROJO, Ana María & GÓMEZ PARADA, Inés, 2004, p.5)

La cantidad de radioisótopo que reside en el cuerpo o en un órgano dado no es tan fácil de determinar. Esto es debido a que el organismo elimina parte de la materia ingerida y retiene los elementos que son esenciales para sus funciones, que se concentran en órganos concretos. Por ejemplo, la tiroides almacena yodo, los huesos almacenan calcio y elementos químicamente similares, como el estroncio (Amaro, 2006).

El comportamiento biocinético del radionúclido hace referencia a como este se distribuye, retiene y se elimina en los distintos órganos y tejidos del cuerpo humano, convirtiéndolos en órganos fuente que emiten radiación y órganos blancos que absorben la energía emitida. El resultado de evaluar este comportamiento se obtienen curvas de retención y excreción del material radioactivo para cada órgano y tejido en función del tiempo. Estas son importantes ya que en combinación con medidas directas o indirectas de la actividad en el cuerpo humano permiten establecer con cierta precisión el día que ocurrió la incorporación, la vía de incorporación y dan una estimación de la actividad total incorporada. Además estas curvas permiten evaluar el número total de desintegraciones que ocurren en el órgano fuente, los cuales son necesarios para estimar la dosis jequivalente comprometida (Ocampo, 2012, p.24).

Para obtener las fracciones de retención y excreción, es necesario representar el comportamiento del material tanto en los órganos y tejidos que constituyen la vía de incorporación (principalmente inhalación o ingestión) como en el resto de órganos y tejidos en los cuales se retiene y elimina el radionúclido (modelo sistémico). Si la incorporación se da por ingestión es necesario representar el comportamiento del material incorporado en el tracto gastrointestinal y si se da por inhalación se debe emplear el tracto respiratorio (Ocampo, 2012, p.25).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este capítulo se tomó en cuenta la Publicación 94 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), así mismo se aplicó el Protocolo de medición de tasa de dosis externa en cáncer diferenciado de tiroides con iodo-131 de la Sociedad Española de Física Médica y el Protocolo utilizado en la Unidad de Medicina del Hospital “Carlos Andrade Marín”.

3.1 Unidad de Medicina Nuclear del Hospital Carlos Andrade Marín

La Unidad de Medicina Nuclear del Hospital “Carlos Andrade Marín” del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, brinda a sus afiliados y jubilados servicios de imagenología, radiodiagnóstico y tratamiento terapéuticos a través del empleo de radioisótopos y radiofármacos, los cuales, por medio de equipos que utilizan una cámara gamma permiten visualizar con mayor claridad la anatomía y el estado fisiológico del tejido a evaluar.

El servicio se inaugura en el año de 1970 con la apertura del Hospital. En el año 1986, se realiza un convenio con la OIEA (Organismo Internacional De Energía Atómica), la cual dona la primera gammacámara para tomografía SPECT SIEMENS para la Unidad. La aplicación del convenio y el equipamiento correspondiente permite ser un centro de referencia a nivel nacional en cuanto a radiodiagnóstico, pudiendo brindarles a los pacientes servicios de mayor calidad. Posteriormente la OIEA ha realizado dos donaciones más; una Gammacámara para Tomografía SPECT en el año 2002, y otra gammacámara marca GENERAL ELECTRIC “INFINIA” en el año 2007.

Actualmente la Unidad de Medicina Nuclear cuenta con profesionales capacitados en radioprotección y en manejo de fuentes radiológicas abiertas, habitaciones para hospitalización, bodegas para decaimiento radioactivo de fuentes utilizadas, equipos que brindan una mejor lectura de radiación ambiental y personal. De la misma forma, los equipos que se manejan en la Unidad de Medicina Nuclear permiten emplear tratamientos terapéuticos a pacientes con cáncer de tiroides e hipertiroidismo.

3.2 Equipos Utilizados

Los equipos utilizados para la presente investigación son los siguientes, los cuales se detallan a continuación:

3.2.1 *Detector de radiación tipo Thermo Scientific™ RadEye™ B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters*

El detector Thermo Scientific™ RadEye™ B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters diferencia la radiación alfa, beta, gamma y rayos X (Anon., 2018).

El equipo Thermo Scientific™ RadEye™ B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters dentro de sus características fundamentales permite realizar mediciones de 0 $\mu\text{Sv/h}$ a 2000 $\mu\text{Sv/h}$, en el caso de esta investigación sus rangos fueron de 0,27 $\mu\text{Sv/h}$ hasta 198 $\mu\text{Sv/h}$.



Figura 1-3: Detector Thermo Scientific™ RadEye™ B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters.

Fuente: <https://www.epequip.com/catalogue/all-hazards-management/radeye-b20-b20-er/>

3.2.1.1 *Características del detector de radiación RadEye B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters.*

A continuación se muestran las principales características de este detector.

Tabla 1-3: Descripción de las características del detector de Radiación RadEye B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters.

Característica	Detalle
Alarmas	LED, Sonido y Vibrador
Tipo	Medidor de dosis
Descripción	Medidores de radiación multiuso RadEye B20
Tipo de radiación	Gamma
Fondo (métrico)	6 mm
Batería, tipo	2 AAA
Duración de la batería	Más de 500 horas con dos pilas AAA
Peso (métrico)	300 g
Altura (métrico)	13 cm
Longitud (métrico)	13 cm
Anchura (métrico)	7 cm
Diámetro (métrico) de la ventana	44mm
Fondo (métrico)	6mm
Detectores	Tubo GM de extremo plano, diámetro de ventana de 44 mm d e 1,8 a 2,0 mg/cm ²
Intervalos de medición	Contaminación B-20: De 0 a 10 kcps; B20ER: De 0 a 500 kcps
Intervalo de dosis	Tasa de dosis gamma: De 0 a 2 mSv/h (de 0 a 200 mR/h); co ntaminación: De 0 a 10 kcps
Unidades	cps, cpm, Bq, dpm, dps, Sv/h, rem/h
Límite de la tasa de dosis	2 mSv/h (200 mrem/h)
Eficiencia	Eficacia 2p (referencia al diámetro de 50 mm sin funda de ca ucho): Am-241; Co-60: 25 %; Sr/Y-90: 36 %; C-14: 19 %
Sensibilidad	0-2mSv/h (0-200mR/h)

Fuente: (WooCommerce, 2018)

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Este detector Geiger Muller RadEye B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters ofrece resultados uniformes y fiables en cualquier aplicación que requiera estudios radiológicos. El modelo B20-ER se destina a mediciones de alto rango con las siguientes características:

- Es ligero (300g) y permite un agarre excelente con y sin guantes.
- Diseño resistente y compacto, gruesa funda protectora de caucho.
- Bajo coste de amortización con > 500 horas de tiempo de funcionamiento con 2 pilas AAA. Se pueden utilizar pilas recargables con celdas de NiMH.
- Interfaz de usuario basada en menús que reduce los costes de formación y facilita el aprendizaje.
- Gran memoria de datos interna, tanto para los resultados del contador de escala como para la grabación continua de los datos.

- Visor LCD retroiluminado y brillante. Se pueden seleccionar distintos idiomas y mensajes de texto sin formato.
- Fácil adaptación a distintas tareas por configuración del supervisor, calibración y selección de unidades de medida.
- Versátiles modos de funcionamiento:
- Contador de escala/temporizador con ajustes predefinidos de hora y recuento para la medición de muestras.
- Modo de medidor de tasa continuo para el control de rastreo.
- Modo de tasa de dosificación.
- Indicación sonora: pulso único o modo chirrido proporcional a la tasa de recuento.
- Salida para auricular que facilita el uso en entornos ruidosos.
- Interfaz IR/PC o Bluetooth™ como opción.
- Software Windows™ avanzado disponible como opción (Laurussystems.com, 2018).

Los controles de calidad realizados al detector Geiger Muller RadEye B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters se muestran en los Anexos G y H. Los resultados de los controles de calidad muestran que su funcionamiento se encuentra dentro de la tolerancia permitida.

3.2.2 *Activímetro Atomlab™ 500*



Figura 2-3: Presentación de un equipo Activímetro Atomlab 500

Fuente: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-esp%C3%B1ola-medicina-nuclear-e-imagen-molecular-125-articulo-control-calidad-activímetros-13067833>

El activímetro es un instrumento esencial en radiofarmacia para medir la actividad de los radionúclidos en la formulación y dispensación de radiofármacos, así como el instrumento más fácilmente disponible para realizar dichas mediciones (Montoya Aguado, et al., 2004).

El tipo de activímetro utilizado en la presente investigación denominado Atomlab 500 se puede utilizar para una amplia variedad de aplicaciones de medicina nuclear, PET y radioinmunoterapia, con un rendimiento comprobado para mediciones rápidas y precisas. El sistema consta de una cámara de ionización de baja presión, un electrómetro con una linealidad extraordinaria y una pantalla táctil a color de rango automático (OPERATION AND SERVICE MANUAL, 2018, p.2).

Las mediciones de actividad se realizan mediante el electrómetro controlado por microprocesador ubicado dentro del conjunto de la cámara. La cámara está blindada con un cable de .25 "(6,3 mm). El software se puede actualizar fácilmente a través del sitio web de Biodex o mediante el uso de un conveniente dispositivo de memoria USB (OPERATION AND SERVICE MANUAL, 2018, p.2).

3.2.2.1 Características del Activímetro Atomlab 500

- Pantalla táctil fácil de usar y de gran tamaño con menús intuitivos
- Selección automática de rango; alcanza hasta 40 curies de Tc-99m o 10 curies de F-18
- Preprogramado para los 88 radionucleídos más comúnmente utilizados
- Muestra en curies o becquerels
- La huella pequeña economiza el espacio de trabajo
- Respuesta ultrarrápida
- Software robusto y amplia funcionalidad
- Cámara de ionización remota
- Actualizable en cualquier momento para incluir un contador de limpieza y hasta seis cámaras de ionización
- Programas de control de calidad - Constancia - Constancia expandida - Linealidad y auto linealidad - Precisión – Geometría
- Aplicaciones de Farmacia Nuclear
- Cálculo de la dosis futura
- Determinación del volumen
- Control de inventario de 25 muestras, corrección de volumen, actividad y concentración de molibdeno
- Impresoras de informes y etiquetas disponibles

- Software de autodiagnóstico
- Pantalla de montaje en escritorio o pared
- Puerto de comunicaciones en serie bidireccional RS-232 (Supertechx-ray.com, 2018).

Los controles de calidad realizados al Activímetro Atomlab 500 se muestran en los Anexos I y J. Los resultados de los controles de calidad muestran que su funcionamiento se encuentra dentro de la tolerancia permitida.

3.3 Metodología.

Para determinar la dosimetría de radiación externa se consideró que los pacientes han recibido altas cantidades de dosis radiactiva previa a una prescripción médica.

3.3.1 *Diseño de la investigación en la clasificación de los pacientes.*

Las dosis de yodo radioactivo para emplear tratamiento se administran dependiendo de la enfermedad; dosis relativamente altas para pacientes que padecen cáncer de tiroides (CDT) y dosis relativamente bajas para pacientes que padecen hipertiroidismo.

Para que se efectúe la ablación del tejido tiroideo en el CDT la dosis de yodo-131 guarda relación con la extensión de la enfermedad residual: si se sospecha actividad confinada al lecho tiroideo, se recomiendan 100-150 mCi; afectación de ganglios linfáticos, se usa 150-175 mCi; metástasis en pulmones, se recurre a 175-200 mCi, y en caso de afección ósea, la dosis será de 200 mCi (García, 2014). En cambio en el Hipertiroidismo, para disminuir la excesiva actividad del tejido tiroideo el especialista en Medicina Nuclear prescribe la actividad terapéutica que se le debe administrar. El rango de actividad administrada puede variar entre 5 y 21,6 mCi de yodo-131. Los pacientes suelen ser tratados de forma ambulatoria (CSN et al, 2011, p.6).

El médico nuclear tiene conocimiento que la captación del yodo-131 en CDT rara vez alcanza el 5% por ende procura que el poco yodo radioactivo que capta la tiroides tenga la suficiente energía como para eliminar la totalidad de células tumorales a pesar que la mayoría del radioyodo no va a ser absorbido, es por eso que si la enfermedad se encuentra en estadio 1, es decir con escasos nódulos y poca agresividad, va a suministrar cantidades relativamente bajas, y si el estadio de la enfermedad se encuentra en 4 va a suministrar dosis muchos más altas (CSN et al, 2011, p.6).

En el caso del hipertiroidismo se administran actividades de yodo-131 diez veces inferiores a las administradas en CDT. La captación del yodo-131 en el tejido tiroideo funcional en

hipertiroidismo es alta, alcanzando un 60%, permaneciendo en la glándula con vidas medias efectivas de 7-10 días. Es por eso que el médico administra dosis relativamente bajas porque tiene conocimiento que más de la mitad del radioiodo va a ser utilizado y absorbido (CSN et al, 2011, p.6).

3.3.1.1 Clasificación de pacientes para el control dosimétrico.

Se clasificaron los pacientes en dos grupos: en el grupo I se encuentran los pacientes con hipertiroidismo y en el grupo II se encuentran pacientes con Cáncer de tiroides.

Tanto los pacientes del grupo I como del grupo II se organizaron según la cantidad de dosis de iodo-131 suministrada.

Además, en el grupo I se clasificó teniendo en cuenta la edad del paciente y en el grupo II se clasificó teniendo en cuenta el tipo de intervención quirúrgica del paciente y el estado cancerígeno de la tiroides.

3.3.1.2 Monitoreo de la tasa de dosis a pacientes con cáncer de tiroides e hipertiroidismo.

Las actividades para los radionúclidos de uso común y las tasas de dosis correspondientes con la que un paciente puede ser dado de alta en el cumplimiento de los límites de dosis; se calculan en función de las disposiciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y las del Protocolo Español de Física Médica; donde se menciona que para el cálculo de la tasa de dosis la distancia del punto de origen al punto de interés sea de un metro (Quispe et al, 2014, p.24)

El monitoreo de la tasa de dosis a los pacientes del grupo I que padecen de Hipertiroidismo se realizó una vez por semana, a un metro de distancia, con el paciente de pie, en proyección anterior y posterior, a nivel del cuello, abdomen y pulmones.

El monitoreo de la tasa de dosis a los pacientes del grupo II que padecen Cáncer de Tiroides se realizó en tres de los cuatro días de hospitalización, a un metro de distancia, con el paciente de pie, en proyección anterior y posterior, a nivel de cuello, abdomen y pulmones.

3.3.2 Preparación de pacientes que padecen Hipertiroidismo para suministrar iodo-131.

En la Unidad de Medicina Nuclear los pacientes con hipertiroidismo y que son tratados con iodo-131 abandonan el hospital y se retiran a sus domicilios, es decir que su tratamiento es ambulatorio.

El servicio de medicina nuclear administra iodo radiactivo en dosis no superiores a los 25 mCi de radioiodo.

Semanas antes del tratamiento el paciente debe estar con dieta baja en iodo. Por lo menos 15 días antes del tratamiento no debe comer sal yodada, lácteos, rábanos, berros, brócoli, acelga, frutas secas, enlatados, mariscos, lechuga, pescado, embutidos, evitar alimentos grasos.

El paciente debe llegar 30 minutos antes de la hora programada para emplear el tratamiento. Para el día de tratamiento se exige, estar en ayunas y traer consigo la cédula y una prueba de embarazo

Los pacientes se registran y asisten a la charla técnica que imparte el médico nuclear acerca de los cuidados y riesgos que deben tener para no irradiar al público y a sus familiares en sus domicilios como se indica en el (Anexo A), de la misma forma, se les indica acerca del manejo de residuos biológicos.

El principal objetivo de la preparación es disminuir el porcentaje de iodo normal que se encuentra en nuestro organismo en el momento de administrar la dosis radiactiva, así la tiroides absorbe una mayor proporción de iodo-131. Se busca aumentar la TSH para favorecer la captación de radioiodo y estimular la producción de tiroglobulina (Tg). Una elevación de la TSH superior a 30 mU/mL es ideal para emplear el tratamiento.

En caso de lactancia es recomendable finalizar la alimentación láctea del bebe por 6 semanas previo al tratamiento para suspender las funciones del tejido mamario, evitando la dosis en la mama.

3.3.3 Preparación de pacientes que padecen Cáncer de Tiroides para recibir iodo-131.

El médico nuclear solicita que los pacientes deben estar con dieta baja en iodo semanas antes del examen, tanto para el diagnóstico de cáncer de tiroides como la terapia radiactiva con iodo-131 como se indica en el (Anexo B).

Por lo menos 15 días antes del tratamiento no debe comer sal yodada, lácteos, rábanos, berros, brócoli, acelga, frutas secas, enlatados, mariscos, lechuga, pescado, embutidos, evitar alimentos grasos. Es preferible no pintarse el cabello.

El día del tratamiento cada paciente debe llenar un registro en el cual consta la cantidad de radiación a recibir tal y como consta en el (Anexo D). Se exige permanecer en ayunas, traer consigo la cédula, una prueba de embarazo. También es importante traer una maleta con ropa para hospitalizarse por cuatro días, traer un kit de limpieza (pasta dental, cepillo, jabón, peinilla, etc.), medicamentos que suele tomar usualmente (calcio, hierro, etc.), caramelos agrios duros, frutas acidas y un galón de agua con vaso desechable

El paciente debe llegar 30 minutos antes de la hora programada para emplear el tratamiento. Los pacientes pueden llegar con algún familiar en el caso de que se les dificulte movilizarse o desenvolverse con soltura, evitando que al paciente le acompañen mujeres embarazadas o niños.

Los pacientes se registran y asisten a la charla técnica que imparte el médico nuclear acerca de los cuidados y riesgos que deben tener para no irradiar al público y a sus familiares en sus domicilios, de la misma forma, se les indica acerca del manejo de residuos biológicos.

El médico nuclear prepara a los pacientes para emplear tratamiento radiológico ablativo tanto para los que requieren hospitalización y ambulatorio. Los pacientes ambulatorios con cáncer de tiroides son aquellos que reciben una actividad radiológica lo suficientemente baja como para ser enviados a sus domicilios, con las recomendaciones de protección radiológicas respectivas. Las dosis no sobrepasan los 25 mCi regularmente.

Los pacientes internados son todos aquellos que han recibido tratamiento con actividades de 50 mCi o superiores.

Se identificó a cada paciente con cáncer de tiroides que fue hospitalizado con una cartilla como se muestra en el (Anexo F) la misma que será colocada en la puerta de sus habitaciones, en la cual constan los siguientes datos:

Unidad:	Medicina Nuclear
Nombre de paciente:	Juan Pérez
DOSIS SUMINISTRADA:	150 mCi
Fecha de administración:	15 de marzo de 2018
Teléfono de referencia para casos de inquietudes:	1234567890

3.3.4 Transporte interno de las dosis de iodo-131 desde Cuarto Caliente hasta área de hospitalización.

Para la transportación de las dosis de iodo-131 desde el Cuarto Caliente hasta el área de hospitalización se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

El médico nuclear procede al fraccionamiento de la dosis de yodo radiactivo en el Cuarto Caliente para luego colocar las dosis preparadas en los frascos plásticos correspondientes.

Los frascos plásticos se colocan dentro de contenedores de plomo para viales que tienen una dimensión de 1.5 cm de espesor, 14 cm de alto y 8 cm de diámetro como se muestra en la figura 3-3.



Figura 0-1: Contenedores para viales.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Los contenedores de plomo se colocan dentro de contenedores mucho más grandes denominados contenedores de transporte que tienen una dimensión de 2 cm de espesor, 25 cm de alto y 20 cm de diámetro como se muestra en la figura 4-3. Estos contenedores se colocan encima de la camilla de transporte.

Los contenedores de transporte se preparan de la siguiente manera: En el contenedor de transporte se coloca una funda plástica de tal forma que evite contaminación en el interior, posteriormente se coloca el contenedor más pequeño, el cual a dentro se colocan los frascos de plásticos. En la parte externa del contenedor de transporte se coloca un sticker para identificar cuanta dosis contiene y a que paciente pertenece dicha dosis.



Figura 4-3: Contenedores de transporte
Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Una vez colocado los contenedores de transporte que van encima de la camilla metálica adecuada para que resista un peso de 150 kg aproximadamente como se observa en la figura 5-3 y que son monitoreados con el detector detector Geiger Muller RadEye B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters que determinan el nivel de radiación que no deben sobrepasar los $30\mu\text{Sv/h}$ a un metro de distancia de la camilla.



Figura 5-3: Camilla transportándose a hospitalización.
Realizado por: Adrián Valencia, 2018

La camilla consta de contenedores de transporte; los contenedores de transporte están colocados en la camilla de tal manera que el contenedor con menor actividad se encuentra más cercano a la persona que transporta la camilla.

El encargado de preparar la camilla es un licenciado en radiología. Cuando ya se encuentra preparada, debe ingresar al Cuarto Caliente para colocar en la camilla las dosis respectivas para luego y transportar las dosis hasta hospitalización.

Se transporta la camilla metálica que contiene las dosis de Iodo-131 partiendo desde la unidad de medicina nuclear, hasta la unidad de endocrinología que es el área donde se hospitalizan a los pacientes.

Los licenciados, el Médico y el Físico Médico deben llevar la respectiva indumentaria de protección radiológica.

Cuando las dosis previamente identificadas hayan llegado a la Unidad de Endocrinología se les pide a los pacientes que salgan de sus habitaciones y que identifiquen el contenedor que lleva su nombre. El Médico Nuclear precede a destapar los contenedores y dar el tratamiento. Para este proceso se utiliza mamparas de plomo como se muestra en la figura 6-3, para dar protección personal o del público si se requiere.



Figura 6-3: Pacientes tomando la dosis radiactiva
Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Se elabora un registro del fraccionamiento y de la lista de pacientes con firma del área del Endocrinología en la cual se comunica que los pacientes han sido tratados con iodo-131.

Una vez que los pacientes hayan bebido o tomado su dosis, los frascos vacíos son retornados a la unidad de medicina nuclear por el mismo trayecto.

En el cuarto caliente se procede a medir la dosis residual en los frascos, los mismos que no deben sobrepasar de 1 mCi.

Los frascos residuales son desechados en un bote colocado en la bodega de la Unidad de medicina nuclear para su posterior decaimiento.

Se saca la camilla del cuarto caliente y se monitorea los contenedores en busca de posibles contaminaciones. Si están contaminados se transporta a la bodega de decaimiento, caso contrario se ubican a buen recaudo hasta el próximo transporte.

3.3.5 Medidas de la tasa de dosis a un metro de distancia de los pacientes.

Los pacientes que padecen cáncer de tiroides e hipertiroidismo acuden a la Unidad de Medicina Nuclear con la prescripción médica correspondiente el día previsto por el médico nuclear para emplear el tratamiento con radioiodo. Una vez que reciben la charla técnica por parte del médico nuclear y por parte del personal de protección radiológica, en el cual se les orienta acerca del funcionamiento del iodo-131, cómo debe ser su comportamiento y restricciones una vez internados en el caso que se requiera y cuáles son las medidas de seguridad radiológica que se deben aplicar tanto para ellos como para el personal dedicado al cuidado a su salud. Los pacientes con cáncer de tiroides ingresan al área de hospitalización y esperan a que se les traslade el iodo-131 para ser administrado. Los pacientes con hipertiroidismo ingieren el iodo-131 en las instalaciones de Medicina Nuclear y abandonan enseguida el hospital.

Una vez que los pacientes con cáncer de tiroides ya se encuentren en sus habitaciones, se traslada las dosis de iodo-131. Cuando la camilla con el iodo radioactivo llega al área de hospitalización se les pide a los pacientes que salgan de sus habitaciones y que tomen sus respectivas dosis recetadas, una vez ingeridas las dosis, los pacientes ingresan a sus respectivas habitaciones y esperan hasta el siguiente día para dar inicio a la dosimetría de radiación externa.

3.3.5.1 Dosimetría de la tasa de dosis en pacientes con Hipertiroidismo.

Para la medición de tasa de dosis de pacientes con hipertiroidismo se realizó según el siguiente procedimiento:

- Los pacientes acuden a la Unidad de Medicina Nuclear el día previsto por el médico nuclear. Inmediatamente reciben una charla técnica en la cual se les indica a los pacientes la forma en la que actúa el iodo-131, cómo contribuye a restablecer el funcionamiento de la tiroides, cuál es la forma de comportamiento en las próximas semanas de los pacientes dentro de sus domicilios para reducir el riesgo de irradiar y perjudicar el bienestar de sus familiares y de las personas que vayan a estar al tanto del cuidado de su salud.

- A pacientes hipertiroideos se les suministra el iodo radioactivo en la misma Unidad sin la necesidad de recurrir a una hospitalización. El paciente toma la cantidad recetada y luego se retira a su domicilio.

- El día en que los pacientes ingirieron el iodo-131 no se realizó medidas de la dosimetría de radiación externa buscando precautar la seguridad del investigador debido a las altas cantidades de radiación que emite el paciente en ese momento.

- Los pacientes regresaron a la Unidad de Medicina Nuclear a los siete días de haber sido administrado el iodo-131 para realizar la dosimetría de radiación externa mediante un Geiger Muller Thermo Scientific y tener conocimiento de la tasa de dosis externa que contienen en ese momento. Las horas que se realizaron las medidas fueron entre las diez y once de la mañana.

- Se realizaron tres series de medidas, en cada serie se realizó medidas a un metro a la altura de del cuello, abdomen y pulmones. Las dosimetrías de radiación externa se realizan con el paciente en pie en posición anterior y posterior, guiadas con una antena rígida que mide un metro lo que facilita la mayor exactitud y reproducibilidad en la distancia de las medidas. Todas las medidas se realizaron con la respectiva indumentaria de protección radiológica.

- Se les solicitó a todos los pacientes que se colocaran detrás de la mampara de protección. Se marcó la distancia con un instrumento rígido en forma de viga que tiene una longitud de un metro desde el cuello hasta el detector Geiger Muller Thermo Scientific.

El mismo procedimiento de medición realizamos a nivel abdominal separándonos un metro.

- Luego se le solicita al paciente colocarse en posición posterior, dirigiendo su espalda al detector para proceder a medir la tasa de dosis en los pulmones a un metro de distancia.

Se elaboró un formulario de registro para anotar la tasa de dosis que emite cada paciente (Anexo E).

Una vez realizada la dosimetría se les recuerda que deben regresar una semana después a la Unidad de Medicina Nuclear para realizar nuevamente la dosimetría. Así mismo se vuelven a

realizar las mismas dosimetrías de radiación externa a los 15 y 21 días subsiguientes en los mismos órganos y a las mismas distancias buscando la máxima exactitud en la reproductividad de las medidas.

Una vez se cumpla que la tasa de dosis del paciente sea menor a 35 $\mu\text{Sv/h}$ a un metro de distancia son dados de alta radiológica y no regresan a la Unidad de Medicina Nuclear para realizarse más mediciones.

A continuación se detalla las horas en que se realizó las medidas de tasa de dosis:

Tabla 2-3: Tiempos en los que se realizó la dosimetría de tasa de dosis en pacientes con Hipertiroidismo.

Tiempo (horas)	Tarea	Detalle
0	Administración de la dosis de iodo-131.	Evitar contacto por su alto contenido energético.
168	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m.
336	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m.
504	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m. Alta Radiológica

Fuente: Adrián Valencia

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Hay que tener en cuenta que la instrumentación debe estar calibrada y la medida se deberá realizar bajo la supervisión de un especialista en radio física hospitalaria o el responsable de la protección radiológica.

3.3.5.2 *Dosimetría de la tasa de dosis en pacientes con Cáncer de Tiroides.*

Para la medición de tasa de dosis en pacientes con cáncer de tiroides se realizó según el siguiente procedimiento:

- Se esperó alrededor de 17 horas para realizar las primeras mediciones de la radiación externa de cada paciente hospitalizado debido a la ablación de cáncer de tiroides.

- Se realizaron cinco series de medida, en cada serie se realizó tres mediciones a un metro a la altura del cuello, abdomen y pulmones. Las dosimetrías de radiación externa se realizaron con el paciente de pie en posición anterior y posterior, guiadas con un instrumento rígido en forma de viga que mide un metro lo que facilita la mayor exactitud y reproducibilidad en la distancia de las medidas.

- Las mediciones se realizaron en cuello debido a la presencia de la tiroides que es el órgano principal que absorbe, organifica y metaboliza el yodo, se mide a nivel del abdomen por la presencia de la vejiga urinaria que es el órgano por donde se elimina la orina que conlleva la mayor cantidad iodo radioactivo a desechar, y a nivel de pulmones se mide por la presencia de una eventual metástasis a distancia que produce el cáncer de tiroides.

- La primera medida se realizó al siguiente día, 17 horas después de haber ingerido el radioyodo. A las 07:00 del segundo día, con la respectiva indumentaria de protección radiológica, se efectuó las primeras dosimetrías de radiación externa a cada paciente hospitalizado.

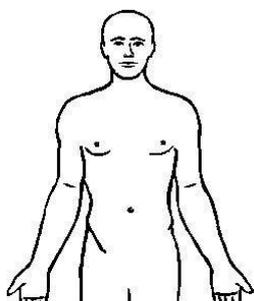
Se elaboró un formulario de registro para anotar la tasa de dosis que emite cada paciente.

- Se solicitó al primer paciente que salga de su habitación siempre sosteniendo la mampara de protección. Se marcó la distancia de un metro con una antena que tiene la misma longitud desde el cuello hasta el detector Geiger Muller Thermo Scientific. El mismo procedimiento de medición se ejecutó a nivel abdominal separándonos un metro.

- Luego el paciente se colocó posición posterior, dirigiendo su espalda al detector para proceder a medir la tasa de dosis a un metro de distancia. Una vez que se realizó la última dosimetría radiológica el paciente ingresó a su habitación para proceder a realizar las medidas al próximo paciente. El procedimiento de las mediciones se realizó según se muestra en la figura 7-3 que es la proyección anterior anatómica para medir al paciente, en la figura 8-3 se muestra la proyección anterior anatómica para medir al paciente y en la figura 9-3 se muestran los lugares donde se miden a los pacientes.

El día en que los pacientes ingirieron el yodo-131 no se realizó medidas de la dosimetría de radiación externa buscando precautelar la seguridad del investigador debido a las altas cantidades de radiación que emite el paciente en ese momento.

La elección de las medidas a un metro se debe a que suponen una mejor aproximación al modelo de fuentes puntuales que las medidas en contacto y tienen una señal mayor que las medidas a 2 metros (Bautista et al, 2015, p.109).





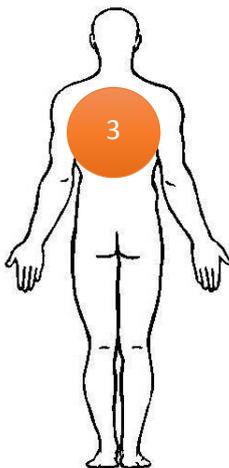
1 A nivel del cuello

2 A nivel de estómago

Figura 7-3: Proyección anterior anatómica para medir al paciente

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Para medir los pulmones le pedimos al paciente que se gire 180° sobre sí misma, ya una vez de espaldas marcamos un metro de distancia entre los pulmones y el detector Geiger Muller Thermo Scientific ayudado con la antena de medición para una máxima precisión.



3 A nivel de pulmones

Figura 8-3: Proyección Posterior anatómica para medir al paciente

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Es decir que en su totalidad a cada paciente se le realiza la dosimetría de radiación a un metro de distancia a nivel del cuello, del abdomen y de los pulmones utilizando el detector Geiger Muller Thermo Scientific.

1 A nivel del cuello

2 A nivel de estómago

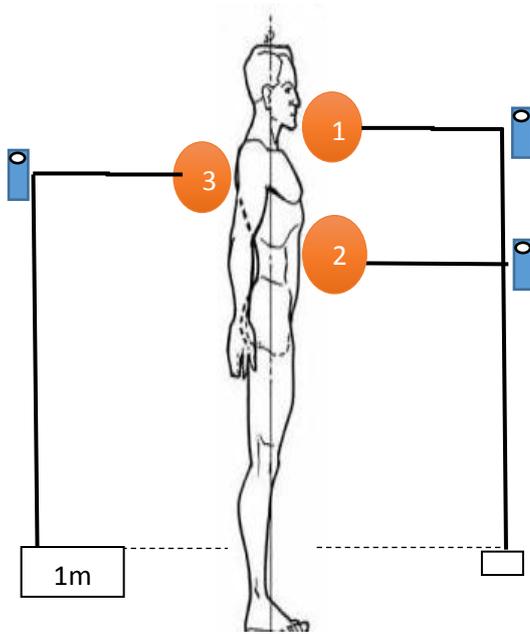


Figura 9-3: Lugares donde se realiza la medición al paciente.
Realizado por: Adrián Valencia, 2018

- Al segundo día, a las 19:00 se realizó nuevamente la dosimetría de la misma forma y con la máxima exactitud de reproducibilidad de las tomas como se muestra en la figura 10-3.



Figura 10-3: Dosimetría de la radiación externa a pacientes hospitalizados
Realizado por: Adrián Valencia, 2018

- Así mismo, al tercer día se realizan las mismas medidas, a la misma hora del día anterior y a la misma distancia.

- Para el cuarto día, que precisamente en parámetros del hospital es el día del alta médica y alta radiológica en el cual se espera se haya eliminado la mayor cantidad de radiación remanente en el cuerpo de los pacientes, y que sus rangos de radiación radiológica estén alrededor de 35 $\mu\text{Sv/h}$ se realiza las ultimas dosimetrías de la misma forma que en los días anteriores.

Si al cuarto día los pacientes tienen una dosis de radiación externa menor a los 35 $\mu\text{Sv/h}$ a un metro de distancia serán dados de alta radiológica, pudiendo retirarse a sus domicilios. Si su dosimetría de radiación externa es mayor a los 35 $\mu\text{Sv/h}$ los pacientes deben permanecer hospitalizados hasta que cumplan con los protocolos de alta radiológica de la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM.

La tabla 3-3 muestra un resumen de la serie de medidas que se realizó a cada paciente hospitalizado.

Tabla 3-3: Tiempos en los que se realizó la dosimetría de tasa de dosis a pacientes Hospitalizados

Tiempo (horas)	Tarea	Detalle
0	Administración de la actividad de ¹³¹ I	Evitar contacto por su alto contenido energético
17	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m.
29	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m.
41	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m.
53	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m.
65	Medida de la tasa de dosis del paciente.	Medir al paciente a 1 m. Alta radiológica

Fuente: Adrián Valencia

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Hay que tener en cuenta que la instrumentación debe estar calibrada y la medida se deberá realizar bajo la supervisión de un especialista en radio física hospitalaria o el responsable de la protección radiológica.

Una semana después de haber ingerido el yodo-131 los pacientes regresaron a la Unidad de Medicina Nuclear para realizar el Rastreo Corporal Total (RCT) y a su vez, para volver a realizar las medidas de tasa de dosis con el detector Geiger Muller Thermo Scientific, únicamente como medida de protocolo propuesta por el Hospital y que no forma parte de esta investigación. Esta vez las medidas serán a nivel del cuello, abdomen, pulmones y manos, a un metro y en contacto.

Así mismo, nuevamente los pacientes regresarán una semana después a la Unidad de Medicina Nuclear para que obtengan el resultado del (RCT) y volver a medir su tasa de dosis de radiación en los mismos órganos y con las mismas distancias que la semana anterior.

3.3.6 Cálculo de la tasa de dosis esperada corregida por decaimiento.

Una vez obtenido los datos de la tasa de dosis de los pacientes que padecen cáncer de tiroides e hipertiroidismo, calculamos la tasa de dosis corregida por decaimiento mediante la fórmula de semidesintegración radiactiva.

$$N = N_0 e^{-(\lambda t)} \quad (2)$$

donde,

N es la tasa de dosis esperada corregida por decaimiento

N_0 es la tasa de dosis de la primera medida

t es el tiempo que transcurre entre N_0 y N.

Si,

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (3)$$

Despejamos λ y calculamos:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (4)$$

La vida media del iodo-131 es de 8,04 días es decir 694656 segundos. Estos valores reemplazamos en (2) y calculamos.

3.3.7 *Cálculo del porcentaje de eliminación desde la última medida.*

Se tomó el valor de la tasa de dosis medida a un metro de distancia y se dividió entre la tasa de dosis esperada corregido por decaimiento. A este valor obtenido lo multiplicamos por cien y así obtenemos en primera instancia el valor de retención radiológica que el paciente aún conserva en el cuerpo desde la última medida.

3.3.8 *Curvas de retención.*

Para realizar la gráfica de las curvas de retención se tomó los valores de los promedios de la tasa de dosis de cada órgano estudiado.

Se obtuvo un promedio de la medida de la tasa de dosis a una hora determinada de todos los pacientes previamente clasificados tanto del cuello, abdomen y pulmones. Mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad (5)$$

donde,

\bar{X} es el promedio a obtener

n es el número total de medidas

Es decir,

$$\bar{X} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (6)$$

En el caso de Hipertiroidismo cada órgano fue evaluado en tres veces. En el caso de Cáncer de tiroides, cada órgano fue evaluado cinco veces.

Luego, en la realización de la curva de retención se comparó la tasa de dosis de cada órgano versus el tiempo que transcurrió mientras los pacientes eran monitoreados.

3.3.9 Procedimiento para realizar el alta radiológica a pacientes hospitalizados.

Previo a la salida del paciente se realiza una última medición con el detector de radiación Geiger Muller Thermo Scientific a nivel de cuello, abdomen y pulmones. Esta medición es importante ya que el límite recomendado expuestas en la bibliografías referenciadas en la presente investigación indican que ningún paciente debe abandonar el hospital con una tasa de dosis superior a los $35 \mu\text{Sv/h} \pm 3 \mu\text{Sv/h}$ principalmente a nivel del cuello.

En términos de protección radiológica, el día del alta hospitalaria se procede a medir el piso de las habitaciones, el baño y las sábanas que utilizaron en su estadía clínica.

El alta radiológica del paciente afecta, como su nombre indica, solamente a cuestiones relativas a la protección radiológica, se mide la tasa de dosis en contacto y a 1 metro, que son las dosis que pueden recibir las personas que se encuentren a su alrededor (CSN et al, 2011, p.9).

Para efectuar el alta radiológica se toman criterios que pueden variar de unos países a otros como se observa en la tabla 4-3:

Tabla 4-3: Ejemplos de protocolos que se utilizan en diversos países para dar el alta radiológica debido a la ingesta de iodo-131.

País /Organización	Límite de alta para I-131 (MBq)
BSS (Basic Safety Standard del IAEA)	1100 (como nivel orientativo)
European Thyroid Association	800
Japón	500 o $< 30 \mu\text{Sv/h}$ a 1 metro
Alemania	250 (basado en una tasa de dosis de $3,5 \mu\text{Sv/h}$ a 1 m)
Otros países miembros de la UE	95-800, la mayoría 400-600

Fuente: (CSN et al, 2011, p.9).

CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se muestran los resultados de la medición de la tasa de dosis a 1 metro en pacientes con hipertiroidismo (con dosis suministradas de 15, 20 y 25 mCi) clasificado como grupo I y en pacientes con cáncer de tiroides (con dosis suministradas de 50, 100, 150 y 200 mCi) clasificado como grupo II. Además, por cada grupo de pacientes se ordenan por edades, por procedimientos médicos y etapas de la enfermedad según sea el caso.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS:

Como se puede apreciar, en la tabla 1-4 se consideró a pacientes en edades que oscilaron entre 23 y 31 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 15 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones después de la primera semana de tratamiento no rebasa los 10 $\mu\text{Sv/h}$ de radiación mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 1-4, 2-4 y 3-4. Estos datos señalan que pacientes que reciben 15 mCi de iodo-131 pueden ser dados de alta a la primera semana del tratamiento.

A la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos, es por esta razón que los pacientes ya pueden realizar sus actividades cotidianas. Por esta razón, sus porcentajes de eliminación son mínimos, esto se da ya que casi no hay rastro de radiación en el cuerpo del paciente.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 1-4, 2-4 y 3-4.

4.1 Análisis de resultados de la Tasa de Dosis del grupo I:

A continuación se muestran los resultados de la dosimetría de la Tasa de Dosis en pacientes con Hipertiroidismo:

4.1.1 Pacientes con dosis de 15 mCi de iodo-131 del grupo I.

Tabla 1-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo con edades entre 23 y 31 años.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	23	SEMANA 1	8,34			8,35			5,53		
		SEMANA 2	2,47	4,56	45,85	2,57	4,57	43,72	2,67	3,02	11,72
		SEMANA 3	1,34	1,35	0,80	1,15	1,41	18,18	1,44	1,46	1,39
PACIENTE 2	29	SEMANA 1	7,21			8,84			6,31		
		SEMANA 2	3,13	3,94	20,62	2,48	4,83	48,70	2,78	3,45	19,44
		SEMANA 3	1,45	1,71	15,30	0,95	1,36	29,96	1,17	1,52	23,05
PACIENTE 3	29	SEMANA 1	9,43			5,96			5,97		
		SEMANA 2	2,51	5,16	51,33	2,28	3,26	30,05	2,61	3,27	20,06
		SEMANA 3	1,24	1,37	9,67	1,17	1,25	6,17	1,38	1,43	3,32
PACIENTE 4	31	SEMANA 1	12,26			5,18			6,25		
		SEMANA 2	2,25	6,71	66,44	2,73	2,83	3,64	2,21	3,42	35,35
		SEMANA 3	1,20	1,23	2,48	0,94	1,49	37,04	1,18	1,21	2,37
PACIENTE 5	31	SEMANA 1	9,78			6,27			7,18		
		SEMANA 2	3,37	5,35	37,00	2,42	3,43	29,43	2,52	3,93	35,83
		SEMANA 3	1,83	1,84	0,71	1,21	1,32	8,58	1,37	1,38	0,60
PACIENTE 6	31	SEMANA 1	8,48			6,49			6,64		
		SEMANA 2	2,39	4,64	48,47	2,61	3,55	26,47	2,48	3,63	31,71
		SEMANA 3	1,28	1,31	2,07	1,16	1,43	18,74	0,94	1,36	30,70
	PROMEDIO	SEMANA 1	9,25			6,85			6,31		
		SEMANA 2	2,69			2,52			2,55		
		SEMANA 3	1,39			1,10			1,25		
	DESVIACIÓN ESTANDAR	SEMANA 1	1,73			1,43			0,56		
		SEMANA 2	0,45			0,16			0,20		
		SEMANA 3	0,23			0,12			0,19		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018.

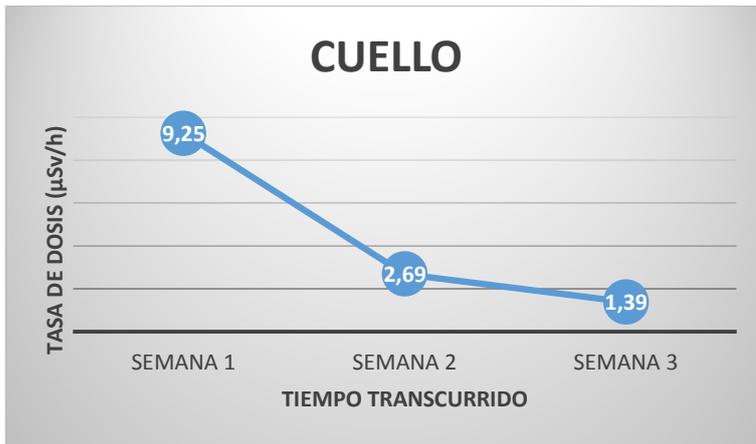


Figura 1-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

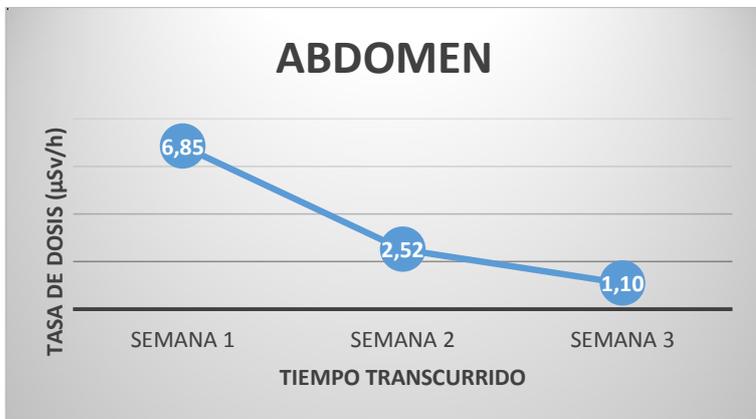


Figura 2-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

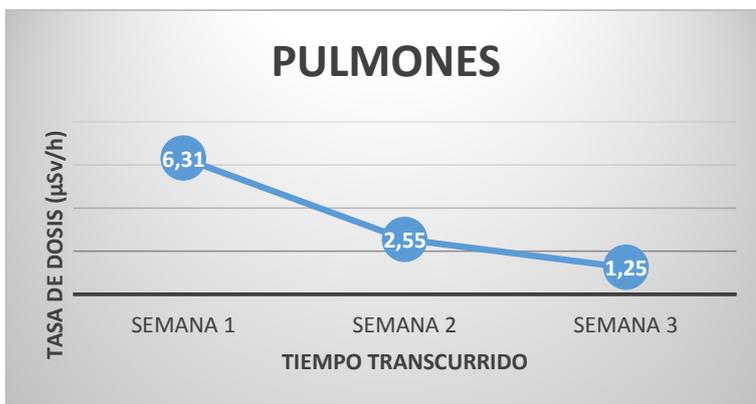


Figura 3-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 2-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con hipertiroidismo entre 32 y 39 años de edad.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	32	SEMANA 1	12,18			6,94			6,17		
		SEMANA 2	2,67	6,66	59,92	3,51	3,80	7,52	2,56	3,37	24,14
		SEMANA 3	1,38	1,46	5,50	1,32	1,92	31,24	1,18	1,40	15,72
PACIENTE 2	36	SEMANA 1	9,54			6,43			6,74		
		SEMANA 2	2,73	5,22	47,68	2,51	3,52	28,63	2,67	3,69	27,57
		SEMANA 3	1,21	1,49	18,96	1,32	1,37	3,84	1,34	1,46	8,24
PACIENTE 3	37	SEMANA 1	9,44			8,78			6,45		
		SEMANA 2	4,16	5,16	19,42	2,68	4,80	44,19	2,34	3,53	33,67
		SEMANA 3	0,22	2,28	90,33	0,31	1,47	78,85	0,49	1,28	61,71
PACIENTE 4	39	SEMANA 1	9,43			7,31			6,13		
		SEMANA 2	3,43	5,16	33,49	3,18	4,00	20,46	2,32	3,35	30,80
		SEMANA 3	1,42	1,88	24,30	1,38	1,74	20,65	1,16	1,27	8,58
PACIENTE 5	39	SEMANA 1	9,65			8,63			5,43		
		SEMANA 2	2,63	5,28	50,17	3,82	4,72	19,07	2,23	2,97	24,91
		SEMANA 3	0,97	1,44	32,56	1,78	2,09	14,80	1,17	1,22	4,07
PROMEDIO		SEMANA 1	10,05			7,62			6,18		
		SEMANA 2	3,12			3,14			2,42		
		SEMANA 3	1,04			1,22			1,07		
		SEMANA 1	1,20			1,04			0,49		
		SEMANA 2	0,67			0,55			0,18		
		SEMANA 3	0,49			0,54			0,33		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 2-4 se consideró a pacientes en edad que oscilaron entre 32 y 40 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 15 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello a la primera semana alcanza los 10 $\mu\text{Sv/h}$ de radiación mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 4-4, 5-4 y 6-4, que en términos médicos puede ser dado de alta radiológica procurando no tener contacto con las personas que lo rodean, mientras que en abdomen y pulmones después de la primera semana de tratamiento alcanza los 7,62 $\mu\text{Sv/h}$ de radiación como máxima tasa de dosis. En la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos, es por esta razón que los pacientes ya pueden realizar sus actividades cotidianas sin ningún reparo en cuanto a protección radiológica.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 4-4, 5-4 y 6-4.

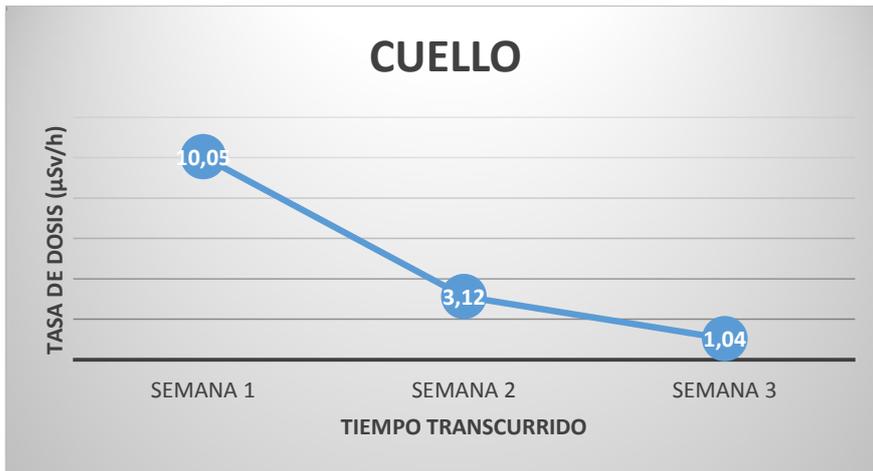


Figura 0-1: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

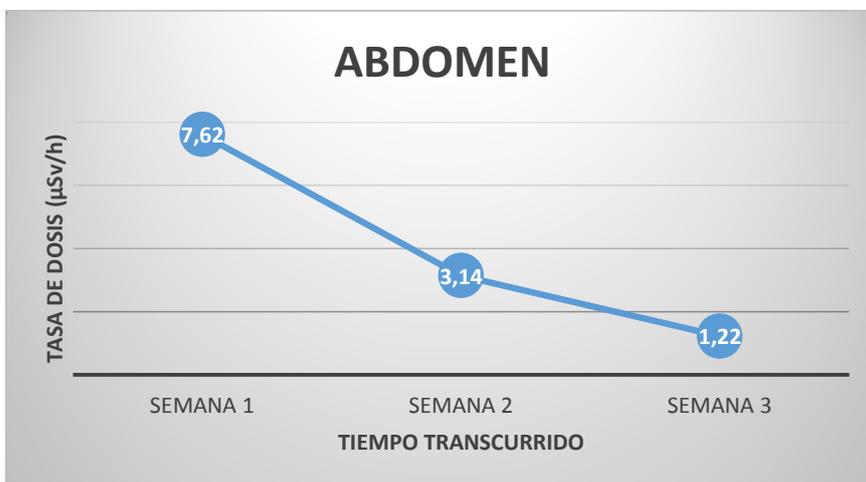


Figura 5-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

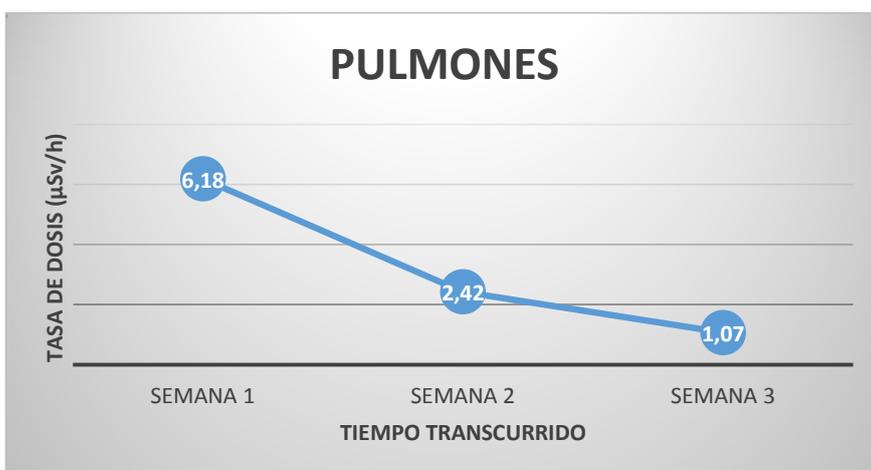


Figura 6-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 15 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 3-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo entre 43 y 48 años de edad.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	43	SEMANA 1	12,30			7,40			5,23		
		SEMANA 2	2,29	6,73	65,96	2,40	4,05	40,70	2,14	2,86	25,18
		SEMANA 3	1,21	1,25	3,39	1,30	1,31	0,96	0,97	1,17	17,12
PACIENTE 2	45	SEMANA 1	8,38			7,37			6,09		
		SEMANA 2	2,20	4,58	52,00	2,63	4,03	34,75	2,43	3,33	27,04
		SEMANA 3	1,18	1,20	1,93	1,15	1,44	20,05	1,26	1,33	5,19
PACIENTE 3	46	SEMANA 1	10,87			7,45			4,83		
		SEMANA 2	1,65	5,94	72,25	2,47	4,07	39,38	2,54	2,64	3,85
		SEMANA 3	0,87	0,90	3,59	1,26	1,35	6,73	1,27	1,39	8,58
PACIENTE 4	46	SEMANA 1	8,07			4,92			4,01		
		SEMANA 2	2,18	4,41	50,61	2,58	2,69	4,12	2,15	2,19	1,97
		SEMANA 3	0,74	1,19	37,93	1,24	1,41	12,12	0,42	1,18	64,28
PACIENTE 5	48	SEMANA 1	8,34			9,18			6,15		
		SEMANA 2	2,41	4,56	47,16	2,67	5,02	46,82	2,45	3,36	27,16
		SEMANA 3	1,18	1,32	10,47	0,94	1,46	35,63	0,71	1,34	47,01
PROMEDIO		SEMANA 1	9,59			7,26			5,26		
		SEMANA 2	2,15			2,55			2,34		
		SEMANA 3	1,04			1,18			0,93		
DESVIACIÓN ESTANDAR		SEMANA 1	1,89205			1,51902			0,89851		
		SEMANA 2	0,29177			0,11247			0,18458		
		SEMANA 3	0,21617			0,14394			0,36555		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 3-4 se consideró a pacientes en edades que oscilaron entre 43 y 48 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 15 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones no alcanza los 10 $\mu\text{Sv/h}$ de radiación en la primera semana después del tratamiento mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 7-4, 8-4 y 9-4, que en términos médicos puede ser dado de alta radiológica procurando no tener contacto con las personas que lo rodean. En la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos indicando que los pacientes se encuentran en condiciones de realizar sus actividades cotidianas sin ningún reparo en cuanto a protección radiológica.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 7-4, 8-4 y 9-4.

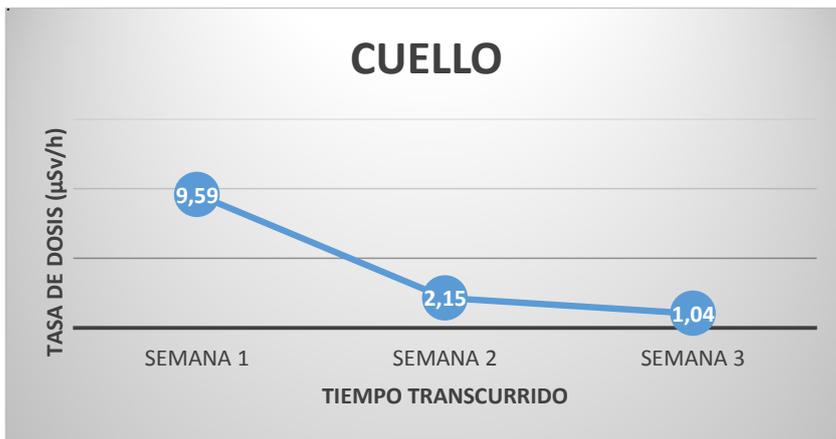


Figura 7-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 15 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

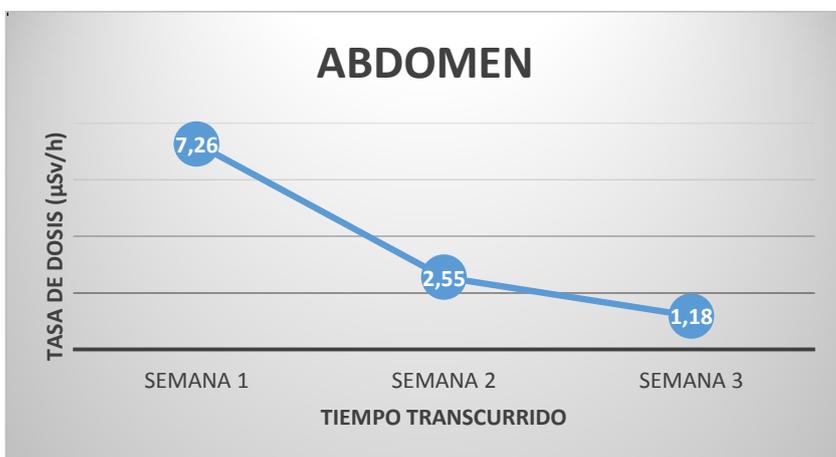


Figura 8-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 15 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

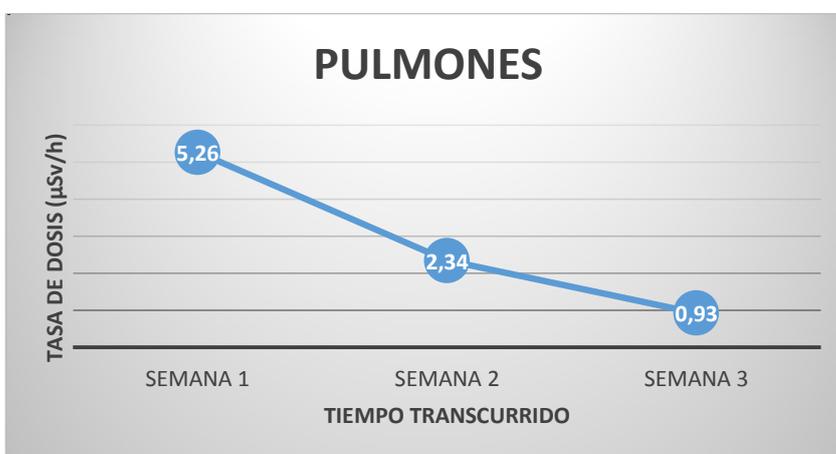


Figura 9-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 15 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.1.2 Pacientes con dosis de 20 mCi de iodo-131 del grupo I.

Tabla 4.1-1: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo entre 27 y 38 años de edad.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	27	SEMANA 1	4,75			3,89			3,69		
		SEMANA 2	2,48	2,60	4,54	2,09	2,13	1,76	1,98	2,02	1,89
		SEMANA 3	1,30	1,36	4,15	1,10	1,14	3,77	0,75	1,08	30,74
PACIENTE 2	31	SEMANA 1	9,45			8,36			6,78		
		SEMANA 2	2,06	5,17	60,14	2,42	4,57	47,07	2,47	3,71	33,39
		SEMANA 3	0,59	1,13	47,63	0,55	1,32	58,44	0,54	1,35	60,03
PACIENTE 3	33	SEMANA 1	7,43			8,33			6,56		
		SEMANA 2	2,17	4,06	46,60	2,16	4,56	52,59	3,54	3,59	1,33
		SEMANA 3	1,16	1,19	2,26	1,09	1,18	7,73	0,97	1,94	49,90
PACIENTE 4	35	SEMANA 1	7,02			7,34			6,18		
		SEMANA 2	2,16	3,84	43,74	2,89	4,01	28,01	2,03	3,38	39,94
		SEMANA 3	1,17	1,18	0,96	1,54	1,58	2,57	1,07	1,11	3,62
PACIENTE 5	38	SEMANA 1	6,28			8,18			6,15		
		SEMANA 2	3,39	3,43	1,30	3,28	4,47	26,68	3,24	3,36	3,67
		SEMANA 3	1,33	1,85	28,26	1,44	1,79	19,73	0,78	1,77	55,98
PACIENTE 6	38	SEMANA 1	9,01			9,65			5,17		
		SEMANA 2	2,63	4,93	46,63	2,58	5,28	51,11	2,65	2,83	6,28
		SEMANA 3	1,18	1,44	17,96	1,14	1,41	19,21	1,38	1,45	4,78
PROMEDIO DESVIACIÓN ESTANDAR	PROMEDIO	SEMANA 1	7,32			7,63			5,76		
		SEMANA 2	2,48			2,57			2,65		
		SEMANA 3	1,12			1,14			0,92		
	DESVIACIÓN ESTANDAR	SEMANA 1	1,74			1,97			1,15		
		SEMANA 2	0,50			0,45			0,63		
		SEMANA 3	0,27			0,35			0,29		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 4-4 se consideró a pacientes en edades que oscilaron entre 27 y 38 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 20 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones en la primera semana no alcanza los 10 $\mu\text{Sv/h}$ de radiación mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 10-4, 11-4 y 12-4, que en términos médicos, los pacientes pueden ser dados de alta radiológica procurando no tener contacto con las personas que lo rodean. En la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos, es por esta razón que los pacientes ya pueden realizar sus actividades cotidianas sin ningún reparo en cuanto a protección radiológica.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 10-4, 11-4 y 12-4.

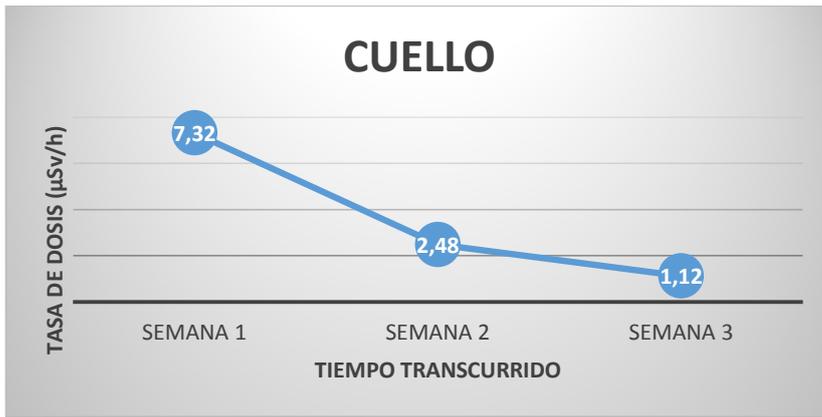


Figura 10-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 20 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

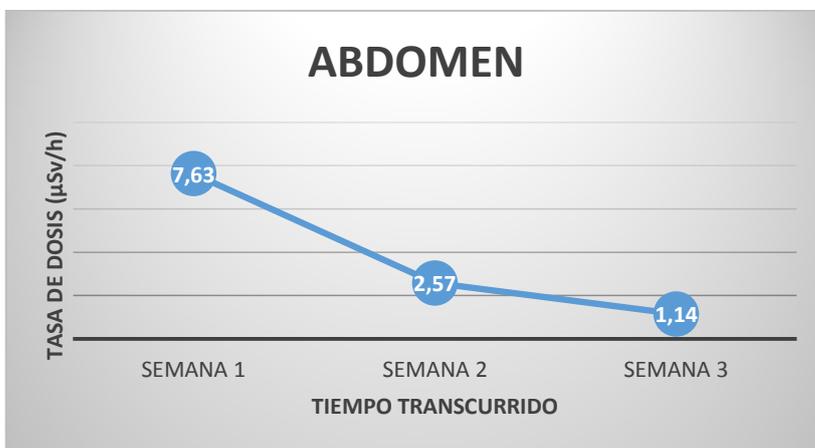


Figura 11-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 20 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

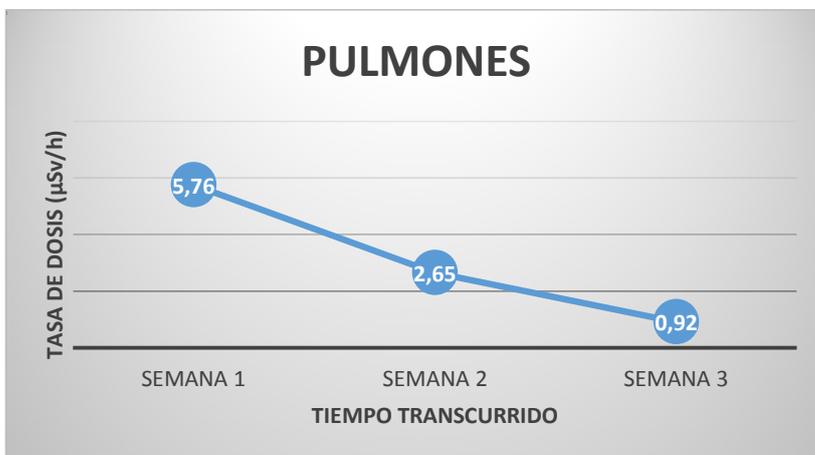


Figura 12-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 20 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 5-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo entre 41 y 65 años de edad.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	41	SEMANA 1	11,34			6,43			4,24		
		SEMANA 2	1,37	6,20	77,91	0,51	3,52	85,50	1,97	2,32	15,05
		SEMANA 3	0,60	0,75	19,92	0,25	0,28	10,37	0,47	1,08	56,38
PACIENTE 2	43	SEMANA 1	5,78			9,64			6,32		
		SEMANA 2	2,17	3,16	31,35	3,72	5,27	29,44	2,45	3,46	29,12
		SEMANA 3	0,64	1,19	46,07	0,59	2,03	71,00	0,49	1,34	63,43
PACIENTE 3	46	SEMANA 1	10,40			10,40			6,03		
		SEMANA 2	4,20	5,69	26,16	2,30	5,69	59,56	2,30	3,30	30,26
		SEMANA 3	1,17	2,30	49,06	1,23	1,26	2,22	1,03	1,26	18,12
PACIENTE 4	46	SEMANA 1	8,55			8,42			6,43		
		SEMANA 2	2,67	4,68	42,90	2,89	4,60	37,24	2,56	3,52	27,20
		SEMANA 3	0,56	1,46	61,65	1,26	1,58	20,28	0,98	1,40	30,00
PACIENTE 5	47	SEMANA 1	10,74			5,75			7,18		
		SEMANA 2	2,52	5,87	57,10	2,62	3,14	16,69	2,48	3,93	36,84
		SEMANA 3	0,98	1,38	28,89	1,42	1,43	0,90	1,23	1,36	9,31
PACIENTE 6	48	SEMANA 1	7,93			5,75			6,34		
		SEMANA 2	3,45	4,34	20,45	2,82	3,14	10,33	2,34	3,47	32,51
		SEMANA 3	0,34	1,89	81,98	1,29	1,54	16,36	1,15	1,28	10,14
PACIENTE 7	65	SEMANA 1	7,96			9,25			6,32		
		SEMANA 2	2,84	4,35	34,76	3,54	5,06	30,02	2,56	3,46	25,94
		SEMANA 3	0,37	1,55	76,18	1,88	1,94	2,90	1,23	1,40	12,15
Realizado	PROMEDIO	SEMANA 1	8,96			7,95			6,12		
		SEMANA 2	2,75			2,63			2,38		
		SEMANA 3	0,67			1,16			0,94		
	DESVIACIÓN ESTANDAR	SEMANA 1	1,96			1,95			0,90		
		SEMANA 2	0,90			1,10			0,20		
		SEMANA 3	0,30			0,50			0,32		

Realizado

por:

Adrián

Valencia,

2018.

Como se puede apreciar, en la tabla 5-4 se consideró a pacientes en edades que oscilaron entre 41 y 65 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 20 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones no alcanza los 10 $\mu\text{Sv/h}$ de radiación en la primera semana después del tratamiento mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 13-4, 14-4 y 15-4, que en términos médicos puede ser dado de alta radiológica procurando no tener contacto con las personas que lo rodean. En la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos indicando que los pacientes se encuentran en condiciones de realizar sus actividades cotidianas sin ningún reparo en cuanto a protección radiológica.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 13-4, 14-4 y 15-4.

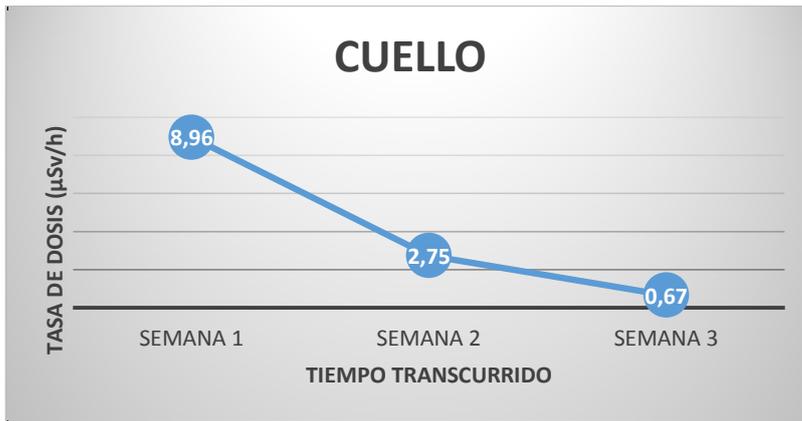


Figura 13-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 20 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

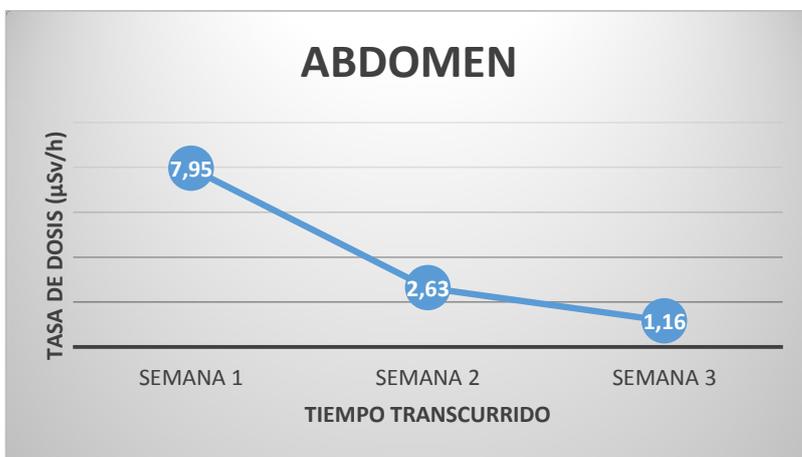


Figura 14-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 20 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

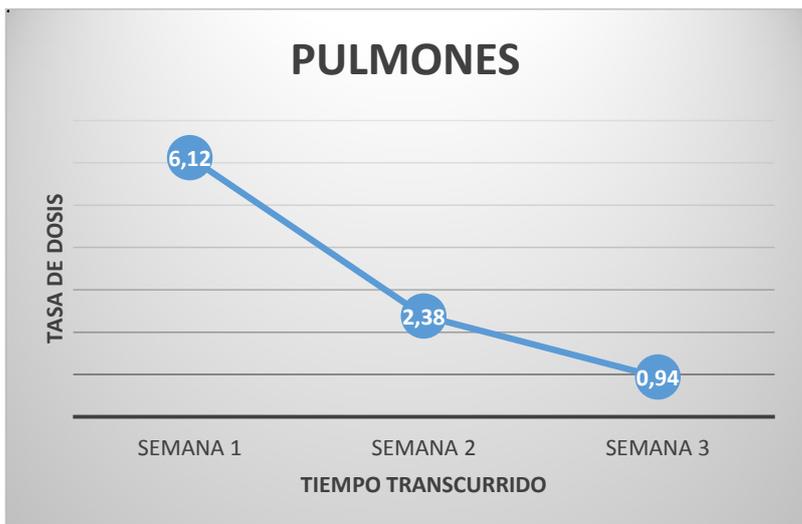


Figura 15-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 20 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.1.3 Pacientes con dosis de 25 mCi de Iodo-131 del grupo I.

Tabla 6-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo entre 25 y 29 años de edad.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	25	SEMANA 1	6,57			6,55			5,19		
		SEMANA 2	3,57	3,59	0,65	2,72	3,58	24,07	2,43	2,84	14,39
		SEMANA 3	1,66	1,95	14,98	1,33	1,49	10,59	1,28	1,33	3,69
PACIENTE 2	26	SEMANA 1	11,74			8,45			6,98		
		SEMANA 2	2,96	6,42	53,90	2,19	4,62	52,61	2,57	3,82	32,68
		SEMANA 3	1,11	1,62	31,43	0,42	1,20	64,93	1,21	1,41	13,91
PACIENTE 3	28	SEMANA 1	11,32			8,18			5,21		
		SEMANA 2	2,54	6,19	58,97	3,18	4,47	28,92	2,38	2,85	16,47
		SEMANA 3	1,17	1,39	15,78	1,04	1,74	40,20	1,17	1,30	10,11
PACIENTE 4	29	SEMANA 1	8,43			7,18			6,83		
		SEMANA 2	1,85	4,61	59,87	0,95	3,93	75,81	3,05	3,74	18,35
		SEMANA 3	0,52	1,01	48,61	0,50	0,52	3,77	0,53	1,67	68,23
	PROMEDIO	SEMANA 1	9,52			7,59			6,05		
		SEMANA 2	2,25			2,26			2,61		
		SEMANA 3	1,59			0,82			1,05		
	DESVIACIÓN ESTANDAR	SEMANA 1	2,45349			0,88269			0,98632		
		SEMANA 2	0,6045			0,96246			0,30576		
		SEMANA 3	1,35056			0,43622			0,34798		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 6-4 se consideró a pacientes en edades que oscilaron entre 25 y 29 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 25 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones no alcanza los 10 $\mu\text{Sv/h}$ en la primera semana después del tratamiento mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 16-4, 17-4 y 18-4, que en términos médicos puede ser dado de alta radiológica procurando no tener contacto con las personas que lo rodean. En la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos indicando que los pacientes se encuentran en condiciones de realizar sus actividades cotidianas sin ningún reparo en cuanto a protección radiológica.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 16-4, 17-4 y 18-4.

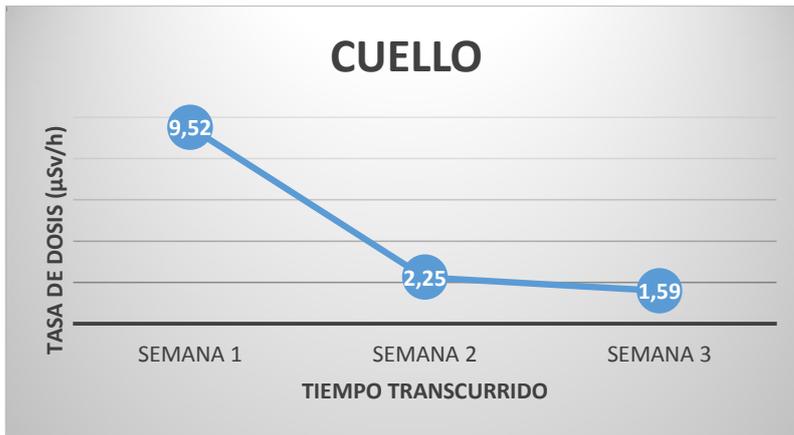


Figura 16-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 25 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

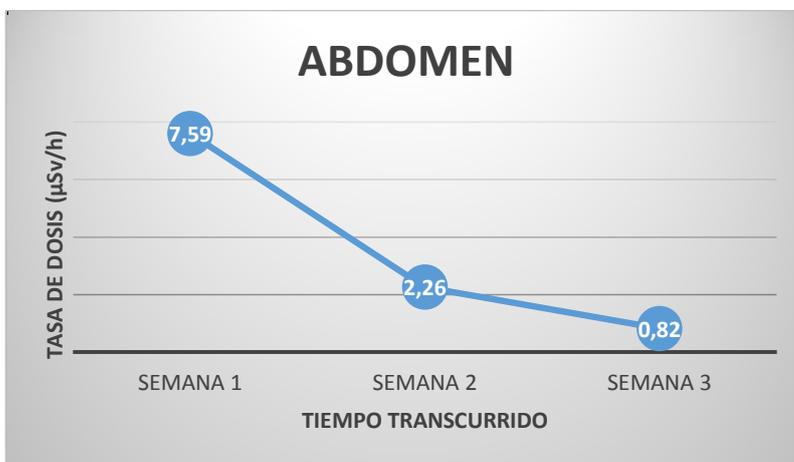


Figura 17-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 25 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

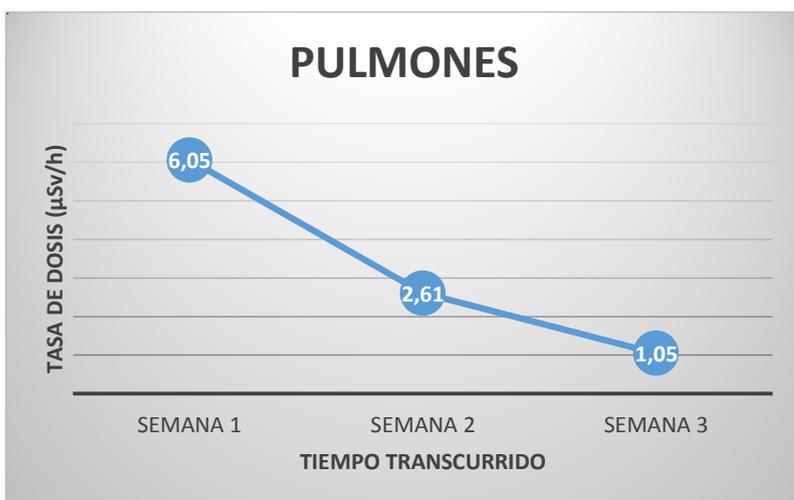


Figura 18-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 25 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 7-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Hipertiroidismo entre 32 y 50 años de edad.

NOMBRE	EDAD	SEMANA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
			Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m ($\mu\text{Sv/h}$)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	32	SEMANA 1	5,77			6,48			6,55		
		SEMANA 2	2,17	3,16	31,24	2,61	3,54	26,35	2,10	3,58	41,38
		SEMANA 3	1,12	1,19	5,63	1,33	1,43	6,83	0,87	1,15	24,25
PACIENTE 2	34	SEMANA 1	11,63			5,16			6,74		
		SEMANA 2	3,18	6,36	50,00	2,18	2,82	22,75	3,34	3,69	9,39
		SEMANA 3	1,43	1,74	17,78	1,05	1,19	11,93	0,63	1,83	65,51
PACIENTE 3	35	SEMANA 1	9,48			7,21			5,89		
		SEMANA 2	2,13	5,18	58,92	3,18	3,94	19,36	2,78	3,22	13,70
		SEMANA 3	1,15	1,16	1,28	1,67	1,74	3,98	1,33	1,52	12,52
PACIENTE 4	36	SEMANA 1	6,38			7,37			6,73		
		SEMANA 2	2,25	3,49	35,52	1,82	4,03	54,85	2,27	3,68	38,33
		SEMANA 3	0,83	1,23	32,55	0,96	1,00	3,55	1,20	1,24	3,34
PACIENTE 5	37	SEMANA 1	9,31			6,49			5,65		
		SEMANA 2	2,66	5,09	47,76	2,47	3,55	30,41	2,65	3,09	14,24
		SEMANA 3	0,58	1,45	60,13	0,77	1,35	43,00	0,67	1,45	53,77
PACIENTE 6	37	SEMANA 1	11,63			6,79			5,76		
		SEMANA 2	3,71	6,36	41,67	2,63	3,71	29,18	3,07	3,15	2,55
		SEMANA 3	1,17	2,03	42,34	1,43	1,44	0,58	0,95	1,68	43,42
PACIENTE 7	50	SEMANA 1	5,85			7,88			5,32		
		SEMANA 2	2,83	3,20	11,55	2,61	4,31	39,44	2,84	2,91	2,39
		SEMANA 3	1,17	1,55	24,41	1,28	1,43	10,33	1,32	1,55	15,02
PROMEDIO DESVIACIÓN ESTANDAR	PROMEDIO	SEMANA 1	8,58			6,77			6,09		
		SEMANA 2	2,70			2,50			2,72		
		SEMANA 3	1,06			1,21			1,00		
	DESVIACIÓN ESTANDAR	SEMANA 1	2,58			0,86			0,57		
		SEMANA 2	0,58			0,42			0,43		
		SEMANA 3	0,27			0,30			0,29		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 7-4 se consideró a pacientes en edades que oscilaron entre 32 y 50 años cuya dosis de radioiodo administrado fue de 25 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones no alcanza los 10 $\mu\text{Sv/h}$ en la primera semana después del tratamiento mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 19-4, 20-4 y 21-4, que en términos médicos puede ser dado de alta radiológica procurando no tener contacto con las personas que lo rodean. En la tercera semana después del tratamiento, los valores de tasa de dosis son muy bajos indicando que los pacientes se encuentran en condiciones de realizar sus actividades cotidianas sin ningún reparo en cuanto a protección radiológica.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 19-4, 20-4 y 21-4.

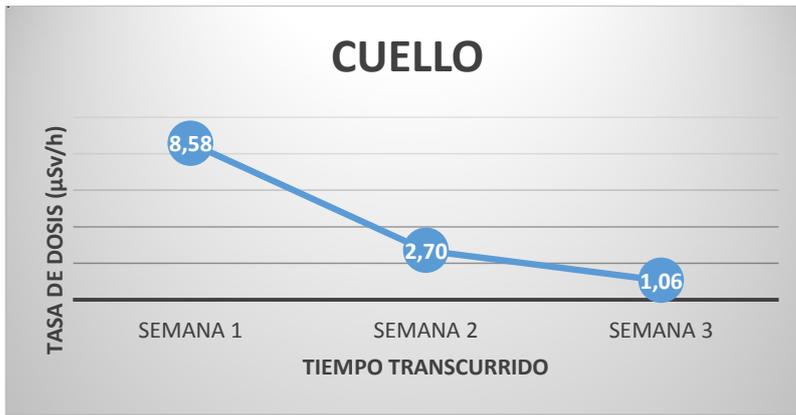


Figura 19-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

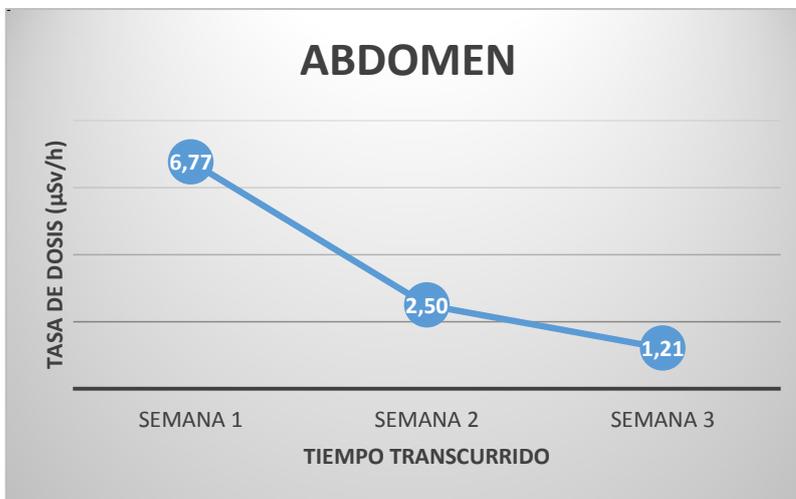


Figura 20-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

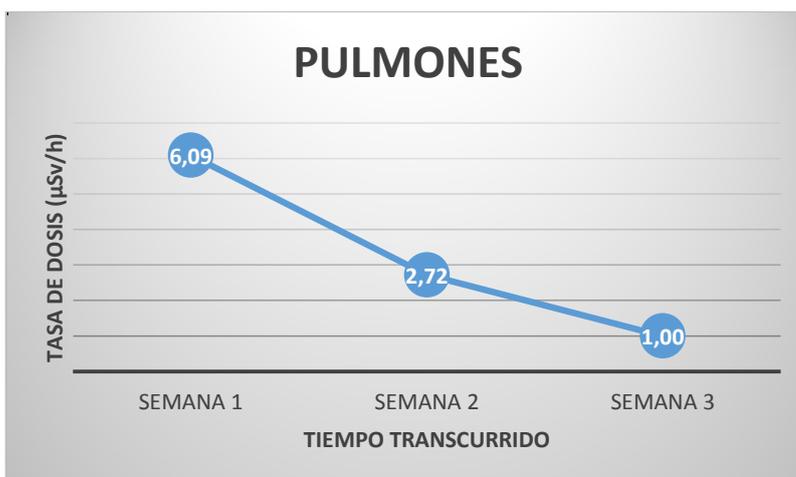


Figura 21-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 25 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.2 Análisis de resultados de la Tasa de Dosis del grupo II

A continuación, se muestran los resultados de la dosimetría de tasa de dosis a pacientes con Cáncer de Tiroides:

4.2.1 Pacientes con dosis de 50 mCi de Iodo-131 del grupo II

Tabla 8-4: Dosimetría de Radiación Externa en pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Casi Total.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa medida a 1 m (μSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (μSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (μSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	33	DIA 2	7:00	35,10			44,12			39,70		
			19:00	27,20	33,61	19,07	29,60	42,25	29,94	27,70	38,02	27,14
		DIA 3	7:00	13,70	26,05	47,41	13,60	28,35	52,03	15,20	26,53	42,71
			19:00	11,80	13,12	10,06	8,81	13,02	32,33	11,70	14,55	19,59
DIA 4	7:00	7,80	11,30	30,97	8,18	8,43	2,97	9,12	11,20	18,57		
PACIENTE 2	45	DIA 2	7:00	46,45			46,47			30,51		
			19:00	23,87	44,49	46,35	24,84	44,50	44,18	15,77	22,22	29,03
		DIA 3	7:00	12,84	22,86	43,83	17,53	23,79	26,31	10,62	15,10	29,67
			19:00	6,76	12,29	45,00	15,39	16,79	8,34	6,73	10,17	33,82
DIA 4	7:00	6,12	6,47	5,41	9,51	14,74	35,48	4,94	6,44	23,29		
PACIENTE 3	54	DIA 2	7:00	38,42			40,64			30,04		
			19:00	23,48	36,80	36,19	28,47	38,93	26,86	16,85	28,77	41,44
		DIA 3	7:00	11,98	22,49	46,73	9,31	27,27	65,86	6,93	16,14	57,06
			19:00	10,34	11,47	9,89	7,63	8,92	14,44	6,04	6,64	9,00
DIA 4	7:00	6,87	9,90	30,63	5,15	7,31	29,53	5,63	5,79	2,68		
PACIENTE 4	57	DIA 2	7:00	35,64			46,84			35,94		
			19:00	22,43	34,14	34,29	25,73	44,86	42,65	17,19	34,42	50,06
		DIA 3	7:00	13,75	21,48	36,00	12,84	24,64	47,90	13,05	16,46	20,74
			19:00	8,94	13,17	32,12	10,63	12,30	13,57	7,15	12,50	42,80
DIA 4	7:00	5,87	8,56	31,45	6,05	10,18	40,58	4,73	6,85	30,93		

PROMEDIO	DIA 2	7:00	38,90		44,52		34,05		
		19:00	24,25		27,16		19,38		
	DIA 3	7:00	13,07		13,32		11,45		
		19:00	9,46		10,62		7,91		
	DIA 4	7:00	6,67		7,22		6,11		
		DIA 2	7:00		5,24		2,85		4,62
	DESVIACIÓN ESTANDAR	DIA 2	19:00		2,06		2,24		5,58
			DIA 3		7:00		0,84		3,37
19:00		2,15		3,41	2,57				
DIA 4		7:00	0,87	1,98	2,05				

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 8-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Casi Total cuya dosis de radioiodo administrado fue de 50 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento alcanzan cifras elevadas, representando un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 19:00 del segundo día se alcanzan cifras tolerables para considerar dar de alta radiológica. A las 07:00 del tercer día se ha evacuado la mayor parte de iodo-131 mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 22-4, 23-4 y 24-4. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanas a los $7\mu\text{Sv/h}$.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los $35\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 22-4, 23-4 y 24-4.

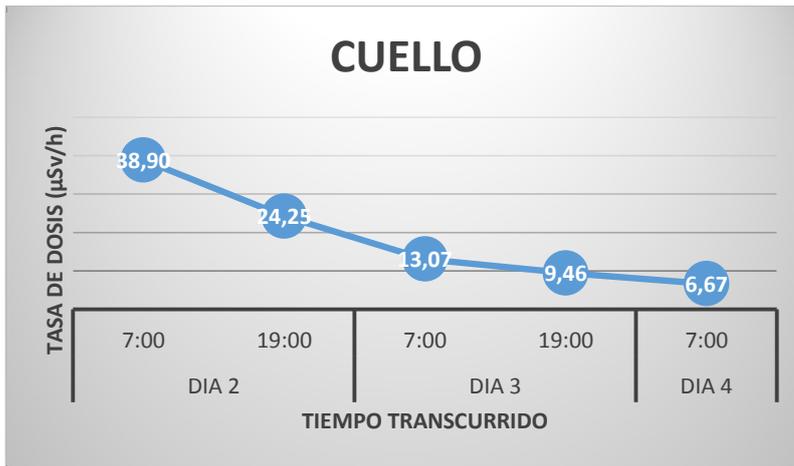


Figura 22-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 50 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

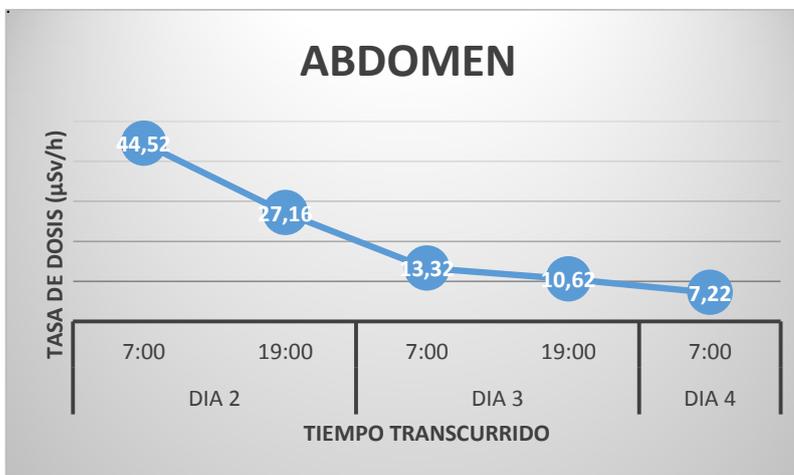


Figura 23-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 50 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

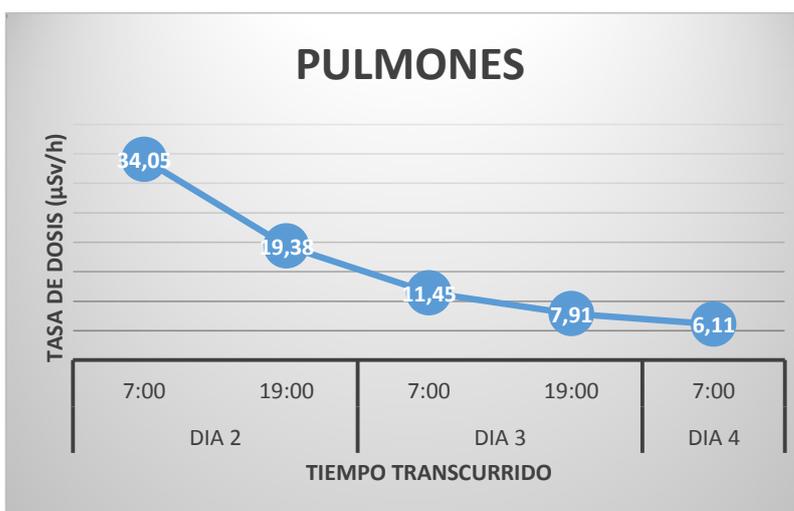


Figura 24-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 50 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 9-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 5	28	DIA 2	7:00	44,60			50,40			53,60		
			19:00	27,00	42,72	36,80	36,60	48,27	24,18	22,10	51,34	56,95
		DIA 3	7:00	15,70	25,86	39,29	18,00	35,06	48,65	14,00	21,17	33,86
			19:00	11,90	15,04	20,87	11,30	17,24	34,46	9,23	13,41	31,17
		DIA 4	7:00	4,64	11,40	59,29	7,25	10,82	33,01	4,47	8,84	49,44
		PACIENTE 6	33	DIA 2	7:00	37,23			50,32			38,39
19:00	35,35				35,66	0,87	34,37	32,92	4,40	29,96	28,70	4,40
DIA 3	7:00			9,60	35,66	73,08	7,87	48,20	83,67	7,02	36,77	80,91
	19:00			3,46	9,19	62,37	6,57	7,54	12,84	4,38	6,72	34,86
DIA 4	7:00			2,74	3,31	17,32	3,73	6,29	40,73	3,05	4,20	27,30
PACIENTE 7	42			DIA 2	7:00	37,10			46,00			38,50
		19:00	22,50		35,53	36,68	26,60	44,06	39,63	20,60	36,88	44,14
		DIA 3	7:00	7,94	21,55	63,16	7,96	25,48	68,76	8,52	19,73	56,82
			19:00	6,78	7,61	10,85	6,23	7,62	18,29	4,36	8,16	46,57
		DIA 4	7:00	4,13	6,49	36,40	5,59	5,97	6,32	4,01	4,18	3,98
		PACIENTE 8	47	DIA 2	7:00	37,65			40,52			53,74
19:00	19,76				36,06	45,20	27,94	38,81	28,01	32,14	51,47	37,56
DIA 3	7:00			13,47	18,93	28,83	15,42	26,76	42,38	16,90	30,78	45,10
	19:00			6,15	12,90	52,33	8,38	14,77	43,26	5,51	16,19	65,96
DIA 4	7:00			4,87	5,89	17,33	4,84	8,03	39,70	3,73	5,28	29,32
PACIENTE 9	51			DIA 2	7:00	39,75			41,94			41,59
		19:00	20,54		38,07	46,05	26,37	40,17	34,35	27,31	39,84	31,44
		DIA 3	7:00	10,97	19,67	44,24	7,31	25,26	71,06	13,24	26,16	49,38
			19:00	6,74	10,51	35,85	4,63	7,00	33,87	8,12	12,68	35,97
		DIA 4	7:00	4,73	6,46	26,73	3,61	4,43	18,60	7,74	7,78	0,48

TABLA 9-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DÍAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 10	59	DIA 2	7:00	30,54			45,12			49,72		
			19:00	24,75	29,25	15,39	27,83	43,22	35,60	31,17	47,62	34,55
		DIA 3	7:00	13,74	23,71	42,04	10,63	26,66	60,12	16,73	29,85	43,96
			19:00	6,36	13,16	51,67	6,84	10,18	32,82	7,94	16,02	50,45
		DIA 4	7:00	2,84	6,09	53,38	2,96	6,55	54,82	3,13	7,61	58,84
PACIENTE 11	61	DIA 2	7:00	36,87			42,37			31,84		
			19:00	22,75	35,31	35,58	31,49	40,58	22,40	17,25	30,50	43,44
		DIA 3	7:00	10,24	21,79	53,01	8,69	30,16	71,19	7,83	16,52	52,61
			19:00	9,54	9,81	2,73	5,41	8,32	35,00	6,15	7,50	18,00
		DIA 4	7:00	4,56	9,14	50,10	3,79	5,18	26,86	5,59	5,89	5,10
PACIENTE 12	64	DIA 2	7:00	39,80			41,40			35,80		
			19:00	22,60	38,12	40,71	26,30	39,65	33,68	20,10	34,29	41,38
		DIA 3	7:00	11,90	21,65	45,03	11,40	25,19	54,74	11,10	19,25	42,34
			19:00	9,26	11,40	18,76	8,57	10,92	21,51	7,89	10,63	25,79
		DIA 4	7:00	5,23	8,87	41,03	6,12	8,21	25,44	5,00	7,56	33,84
PROMEDIO		DIA 2	7:00	37,94			44,76			42,90		
			19:00	24,41			29,69			25,08		
		DIA 3	7:00	11,70			10,91			11,92		
			19:00	7,52			7,24			6,70		
		DIA 4	7:00	4,22			4,74			4,59		
DESVIACIÓN ESTANDAR		DIA 2	7:00	3,93			3,92			8,39		
			19:00	4,97			3,99			5,74		
		DIA 3	7:00	2,52			3,91			3,91		
			19:00	2,60			2,12			1,85		
		DIA 4	7:00	0,93			1,48			1,54		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 9-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Total cuya dosis de radioiodo administrado fue de 50 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento alcanzan cifras elevadas, representando un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 19:00 del segundo día se alcanzan cifras tolerables para considerar dar de alta radiológica. A las 07:00 del tercer día se ha evacuado la mayor parte de iodo-131 mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 25-4, 26-4 y 27-4. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa que no sobrepasan los 5 $\mu\text{Sv/h}$.

La totalidad de los pacientes a los que se administra 50 mCi de radioiodo eliminan adecuadamente el efecto de la sustancia radiactiva a las 29 horas a nivel del cuello a un metro de distancia, suponiendo que no tienen problemas renales.

En el grupo de pacientes a los que se les administró 50 mCi de iodo-131 se observa que aunque en el día dos y tres hay variación en la tasa de dosis, cuando llega el cuarto día la tasa de dosis obtenida se comporta por debajo de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ que prescribe la ley.

En los casos de los grupos que recibieron 50 y 100 mCi de iodo-131, existe una perceptible tendencia a que los niveles de radiación en las primeras horas en el abdomen son un poco mayor respecto al del cuello y pulmones, ya que el 90% de la radiación se elimina vía urinaria dando como resultado alta presencia de contenido radiológico en la vejiga urinaria. Una vez se haya eliminado el radioiodo que no fue absorbido, existe una marcada tendencia a que los niveles de radiación en las últimas horas en el cuello sean superiores.

Si las normas internacionales recomiendan que para dar de alta radiológica la tasa de dosis debe ser menor a 40 $\mu\text{Sv/h}$, esta cifra se cumple en la mañana del tercer día de su hospitalización. Es decir que al tercer día claramente se puede considerar dar de alta radiológica a cada uno de los pacientes internados.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 25-4, 26-4 y 27-4.

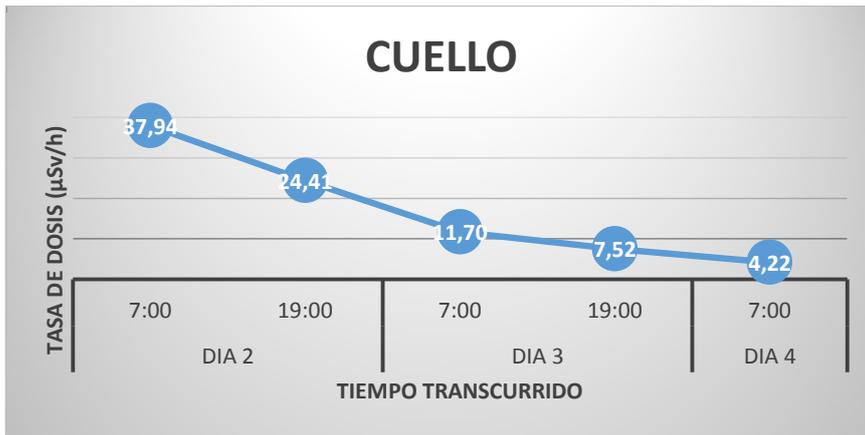


Figura 25-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

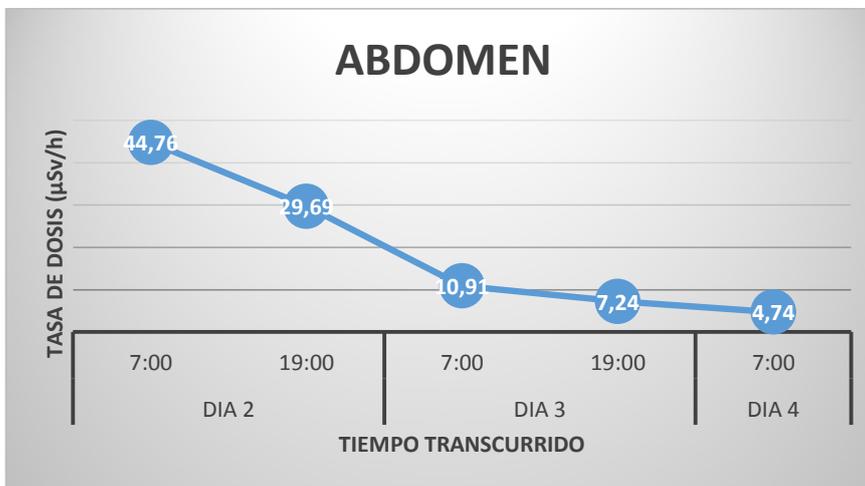


Figura 26-42: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

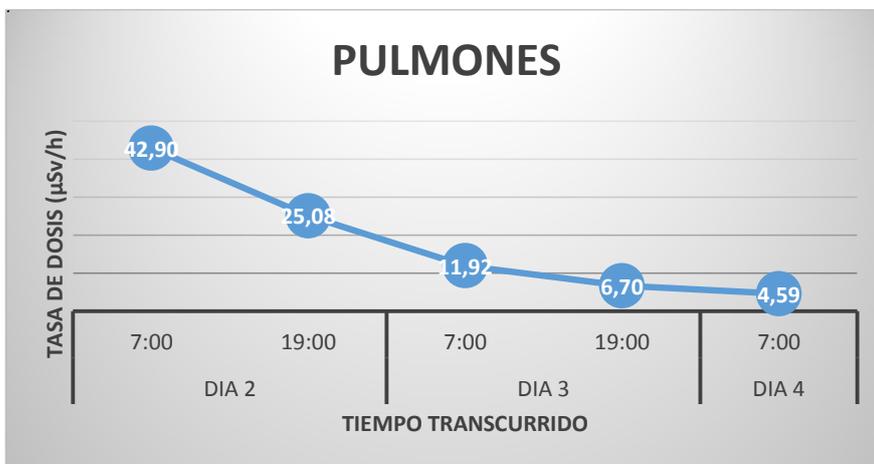


Figura 27-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 50 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.2.2 Pacientes con dosis de 100 mCi de iodo-131 del grupo II

Tabla 10-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Casi Total.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	34	DIA 2	7:00	84,74			93,91			92,47		
			19:00	43,78	81,16	46,06	43,66	89,95	51,46	39,19	88,57	55,75
		DIA 3	7:00	17,50	41,93	58,27	16,86	41,82	59,68	16,06	37,54	57,22
			19:00	11,19	16,76	33,24	10,62	16,15	34,24	10,76	15,38	30,05
DIA 4	7:00	8,59	10,72	19,85	7,00	10,17	31,18	6,68	10,31	35,18		
PACIENTE 2	41	DIA 2	7:00	115,00			109,00			87,52		
			19:00	64,96	110,15	41,02	45,73	104,40	56,20	54,23	83,83	35,31
		DIA 3	7:00	34,95	62,22	43,83	20,43	43,80	53,36	28,98	51,94	44,21
			19:00	15,73	33,48	53,01	9,18	19,57	53,09	15,98	27,76	42,43
DIA 4	7:00	10,37	15,07	31,17	3,32	8,79	62,24	6,14	15,31	59,88		
PACIENTE 3	42	DIA 2	7:00	85,80			87,52			76,44		
			19:00	63,40	82,18	22,85	55,70	83,83	33,55	47,00	73,22	35,81
		DIA 3	7:00	33,59	60,73	44,69	30,14	53,35	43,51	26,52	45,02	41,09
			19:00	23,52	32,17	26,89	20,95	28,87	27,43	15,27	25,40	39,88
DIA 4	7:00	9,80	22,53	56,50	12,66	20,07	36,91	9,78	14,63	33,13		
PACIENTE 4	47	DIA 2	7:00	60,10			70,07			64,63		
			19:00	30,92	57,56	46,29	34,01	67,11	49,32	30,80	61,90	50,24
		DIA 3	7:00	18,51	29,62	37,50	18,39	32,58	43,55	19,05	29,50	35,42
			19:00	12,14	17,73	31,52	8,89	17,61	49,53	9,60	18,25	47,39
DIA 4	7:00	7,92	11,63	31,89	6,79	8,51	20,26	9,43	9,19	2,56		
PACIENTE 5	48	DIA 2	7:00	77,08			67,90			58,90		
			19:00	49,80	73,83	32,55	35,40	65,04	45,57	32,20	56,42	42,92
		DIA 3	7:00	25,26	47,70	47,04	26,28	33,91	22,49	25,62	30,84	16,93
			19:00	19,52	24,19	19,32	12,98	25,17	48,43	12,51	24,54	49,02
DIA 4	7:00	10,70	18,70	42,77	8,15	12,43	34,45	6,57	11,98	45,17		
PACIENTE 6	48	DIA 2	7:00	120,00			111,00			94,28		
			19:00	67,93	114,94	40,90	64,98	106,32	38,88	54,18	90,30	40,00
		DIA 3	7:00	30,27	65,06	53,48	37,84	62,24	39,20	27,78	51,89	46,47
			19:00	18,53	28,99	36,09	17,65	36,24	51,30	13,32	26,61	49,94
DIA 4	7:00	9,63	17,75	45,74	13,85	16,91	18,07	6,85	12,76	46,31		

TABLA 10-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DÍAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 7	53	DÍA 2	7:00	82,03			62,11			62,42		
			19:00	60,29	78,57	23,27	51,60	59,49	13,26	43,80	59,79	26,74
		DÍA 3	7:00	27,12	57,75	53,04	27,55	49,42	44,26	17,98	41,95	57,14
			19:00	19,54	25,98	24,78	21,25	26,39	19,47	18,93	17,22	9,92
DÍA 4	7:00	11,41	18,72	39,03	8,63	20,35	57,60	8,73	18,13	51,85		
PACIENTE 8	54	DÍA 2	7:00	122,00			128,00			107,00		
			19:00	68,46	116,85	41,41	78,27	122,60	36,16	63,21	102,49	38,32
		DÍA 3	7:00	40,62	65,57	38,05	45,32	74,97	39,55	32,48	60,54	46,35
			19:00	20,63	38,91	46,98	29,58	43,41	31,86	12,45	31,11	59,98
DÍA 4	7:00	10,95	19,76	44,58	13,43	28,33	52,60	6,78	11,92	43,14		
PACIENTE 9	55	DÍA 2	7:00	70,93			76,83			64,93		
			19:00	41,83	67,94	38,43	39,59	73,59	46,20	35,42	62,19	43,05
		DÍA 3	7:00	24,61	40,07	38,58	22,73	37,92	40,06	18,42	33,93	45,70
			19:00	15,63	23,57	33,69	13,84	21,77	36,43	15,62	17,64	11,47
DÍA 4	7:00	12,74	14,97	14,90	10,53	13,26	20,56	11,94	14,96	20,19		
PACIENTE 10	65	DÍA 2	7:00	55,70			48,30			70,50		
			19:00	50,00	53,35	6,28	51,60	46,26	11,54	54,60	67,53	19,14
		DÍA 3	7:00	23,70	47,89	50,51	27,10	49,42	45,17	20,40	52,30	60,99
			19:00	15,40	22,70	32,16	15,80	25,96	39,13	15,20	19,54	22,21
DÍA 4	7:00	9,45	14,75	35,93	9,67	15,13	36,10	7,85	14,56	46,08		
PACIENTE 11	67	DÍA 2	7:00	67,21			78,98			66,18		
			19:00	40,84	64,37	36,56	35,16	75,65	53,52	22,81	63,39	64,02
		DÍA 3	7:00	21,85	39,12	44,14	17,85	33,68	47,00	11,54	21,85	47,18
			19:00	17,52	20,93	16,29	9,65	17,10	43,56	9,19	11,05	16,86
DÍA 4	7:00	8,45	16,78	49,64	8,89	9,24	3,82	7,98	8,80	9,34		
PROMEDIO		DÍA 2	7:00	85,51			84,87			76,84		
			19:00	52,93			48,70			43,40		
		DÍA 3	7:00	27,09			26,41			22,26		
			19:00	17,21			15,49			13,53		
DÍA 4	7:00	10,00			9,36			8,07				
DESVIACIÓN ESTANDAR		DÍA 2	7:00	23,57			23,82			15,96		
			19:00	12,77			13,78			12,47		
		DÍA 3	7:00	7,15			8,84			6,40		
			19:00	3,66			6,45			2,99		
DÍA 4	7:00	1,42			3,16			1,77				

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 10-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Casi Total cuya dosis de radioiodo administrado fue de 100 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento alcanzan cifras muy elevadas, representando un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 19:00 del segundo día se alcanzan cifras aun elevadas. Considerando que según el protocolo de la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM se da de alta radiológica con 35 $\mu\text{Sv/h}$, a las 07:00 del tercer día recién se cumple con este parámetro en cuello, abdomen y pulmones mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 28-4, 29-4 y 30-4. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanos a los 10 $\mu\text{Sv/h}$.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 28-4, 29-4 y 30-4.

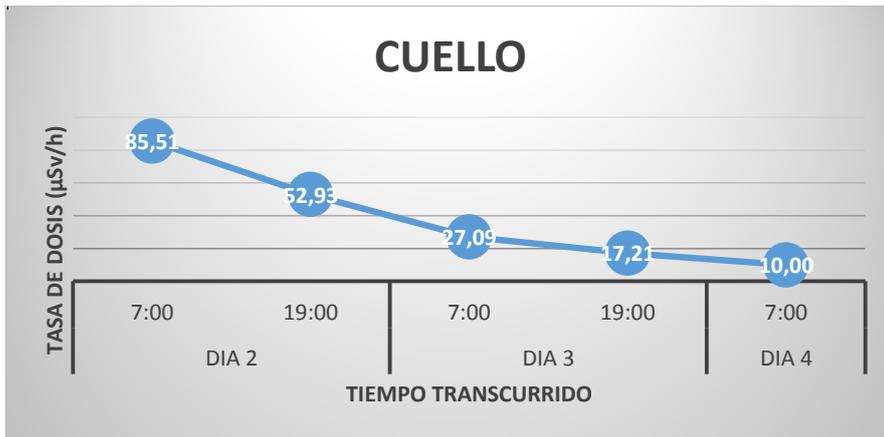


Figura 28-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 100 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

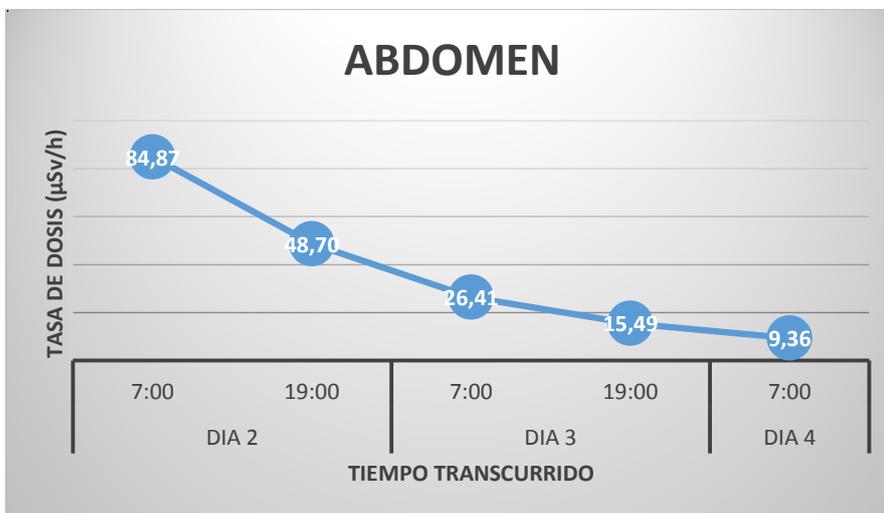


Figura 29-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 100 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

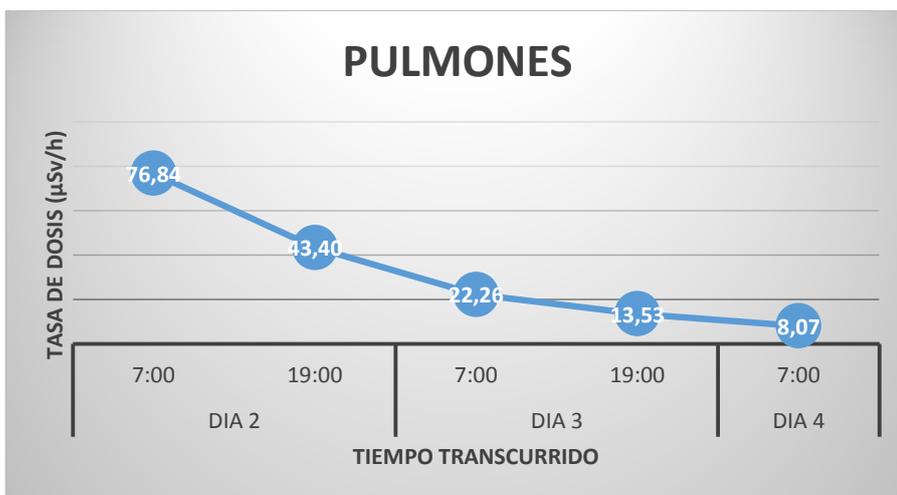


Figura 30-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 100 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 11-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES				
				Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)		
PACIENTE 12	22	DIA 2	7:00	131,90			133,40			101,90				
			19:00	93,90	126,34	25,67	92,80	127,77	27,37	68,17	97,60	30,15		
		DIA 3	7:00	66,27	89,94	26,32	59,41	88,88	33,16	56,22	65,29	13,90		
			19:00	43,23	63,47	31,89	38,27	56,90	32,75	36,95	53,85	31,38		
		DIA 4	7:00	28,63	41,41	30,86	27,37	36,66	25,33	27,49	35,39	22,33		
		PACIENTE 13	30	DIA 2	7:00	70,45			73,83			73,70		
					19:00	37,60	67,48	44,28	36,14	70,72	48,89	35,16	70,59	50,19
				DIA 3	7:00	18,39	36,01	48,94	23,70	34,62	31,53	18,33	33,68	45,57
19:00	14,22				17,61	19,27	9,87	22,70	56,52	11,54	17,56	34,27		
DIA 4	7:00			6,93	13,62	49,12	8,30	9,45	12,20	7,43	11,05	32,78		
PACIENTE 14	31			DIA 2	7:00	59,54			63,64			58,30		
					19:00	39,25	57,03	31,17	31,04	60,96	49,08	33,16	55,84	40,62
				DIA 3	7:00	21,67	37,59	42,36	13,50	29,73	54,59	14,24	31,76	55,17
		19:00	14,49		20,76	30,19	12,16	12,93	5,96	11,94	13,64	12,46		
		DIA 4	7:00	7,16	13,88	48,41	6,05	11,65	48,06	6,03	11,44	47,27		
		PACIENTE 15	34	DIA 2	7:00	62,05			60,32			68,45		
					19:00	39,73	59,43	33,15	30,43	57,78	47,33	24,18	65,56	63,12
				DIA 3	7:00	20,54	38,05	46,02	16,76	29,15	42,50	17,52	23,16	24,35
19:00	13,62				19,67	30,77	7,54	16,05	53,03	12,32	16,78	26,58		
DIA 4	7:00			6,16	13,05	52,78	3,21	7,22	55,55	9,43	11,80	20,09		

TABLA 11-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 16	38	DIA 2	7:00	49,30			52,60			111,00		
			19:00	35,10	47,22	25,67	37,70	50,38	25,17	26,70	106,32	74,89
		DIA 3	7:00	16,50	33,62	50,92	14,60	36,11	59,57	14,21	25,57	44,43
			19:00	10,80	15,80	31,66	12,00	13,98	14,19	8,85	13,61	34,98
DIA 4	7:00	7,48	10,34	27,69	6,78	11,49	41,01	4,23	8,48	50,10		
PACIENTE 17	38	DIA 2	7:00	41,84			44,87			48,47		
			19:00	21,87	40,07	45,43	26,16	42,98	39,13	27,84	46,43	40,03
		DIA 3	7:00	12,74	20,95	39,18	15,97	25,06	36,26	13,60	26,67	49,00
			19:00	8,75	12,20	28,29	10,09	15,30	34,04	7,18	13,03	44,88
DIA 4	7:00	5,95	8,38	29,00	4,34	9,66	55,09	4,23	6,88	38,49		
PACIENTE 18	39	DIA 2	7:00	141,00			142,00			110,00		
			19:00	53,20	135,05	60,61	67,90	136,01	50,08	60,90	105,36	42,20
		DIA 3	7:00	32,20	50,96	36,81	40,50	65,04	37,73	31,50	58,33	46,00
			19:00	19,10	30,84	38,07	20,80	38,79	46,38	14,90	30,17	50,61
DIA 4	7:00	8,95	18,29	51,08	8,31	19,92	58,29	10,90	14,27	23,62		
PACIENTE 19	43	DIA 2	7:00	72,20			79,00			79,10		
			19:00	28,80	69,15	58,35	32,30	75,67	57,31	30,90	75,76	59,21
		DIA 3	7:00	10,90	27,58	60,49	11,60	30,94	62,50	12,70	29,60	57,09
			19:00	8,64	10,44	17,24	9,55	11,11	14,05	8,56	12,16	29,63
DIA 4	7:00	4,45	8,28	46,23	4,47	9,15	51,13	5,10	8,20	37,80		
PACIENTE 20	44	DIA 2	7:00	44,84			51,43			49,21		
			19:00	23,51	42,95	45,26	26,76	49,26	45,68	29,34	47,13	37,75
		DIA 3	7:00	13,47	22,52	40,18	17,43	25,63	32,00	15,45	28,10	45,02
			19:00	7,63	12,90	40,86	10,67	16,69	36,09	11,32	14,80	23,50
DIA 4	7:00	7,63	7,31	4,40	6,49	10,22	36,50	7,74	10,84	28,61		

TABLA 11-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DÍAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 21	47	DIA 2	7:00	79,00			96,10			64,70		
			19:00	54,10	75,67	28,50	57,20	92,05	37,86	54,80	61,97	11,57
		DIA 3	7:00	17,70	51,82	65,84	20,40	54,79	62,76	20,50	52,49	60,94
			19:00	12,40	16,95	26,86	11,60	19,54	40,63	12,80	19,64	34,81
		DIA 4	7:00	5,15	11,88	56,64	4,52	11,11	59,32	4,18	12,26	65,91
		PACIENTE 22	48	DIA 2	7:00	70,20			71,80			48,00
19:00	35,40				67,24	47,35	36,00	68,77	47,65	32,70	45,97	28,87
DIA 3	7:00			21,30	33,91	37,18	23,80	34,48	30,98	18,90	31,32	39,66
	19:00			11,60	20,40	43,14	15,00	22,80	34,20	11,20	18,10	38,13
DIA 4	7:00			7,04	11,11	36,64	8,43	14,37	41,32	6,65	10,73	38,01
PACIENTE 23	49			DIA 2	7:00	42,94			45,23			50,67
		19:00	23,64		41,13	42,52	31,75	43,32	26,71	26,87	48,53	44,63
		DIA 3	7:00	13,96	22,64	38,35	17,43	30,41	42,68	12,18	25,74	52,67
			19:00	6,73	13,37	49,67	8,89	16,69	46,75	8,17	11,67	29,97
		DIA 4	7:00	5,91	6,45	8,32	5,73	8,51	32,71	7,23	7,83	7,61
		PACIENTE 24	50	DIA 2	7:00	19,14			48,96			37,48
19:00	23,22				18,33	26,66	20,18	46,89	56,97	17,91	35,90	50,11
DIA 3	7:00			14,84	22,24	33,27	14,82	19,33	23,33	11,00	17,15	35,88
	19:00			6,39	14,21	55,04	4,80	14,19	66,18	4,64	10,54	55,96
DIA 4	7:00			2,68	6,12	56,21	2,55	4,60	44,53	2,30	4,44	48,25
PACIENTE 25	51			DIA 2	7:00	61,84			68,17			75,67
		19:00	30,84		59,23	47,93	34,18	65,29	47,65	38,98	72,48	46,22
		DIA 3	7:00	15,84	29,54	46,38	20,76	32,74	36,59	21,31	37,34	42,92
			19:00	12,84	15,17	15,37	13,73	19,88	30,95	10,98	20,41	46,21
		DIA 4	7:00	7,83	12,30	36,33	5,31	13,15	59,62	7,43	10,52	29,35

TABLA 11-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DÍAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 26	51	DIA 2	7:00	66,90			58,16			44,70		
			19:00	33,60	64,08	47,56	28,30	55,71	49,20	23,76	42,81	44,50
		DIA 3	7:00	9,74	32,18	69,74	10,36	27,11	61,78	7,34	22,76	67,75
			19:00	8,10	9,33	13,17	8,60	9,92	13,33	6,69	7,03	4,84
		DIA 4	7:00	4,54	7,76	41,48	2,23	8,24	72,93	3,26	6,41	49,12
		PACIENTE 27	51	DIA 2	7:00	60,48			59,60			59,41
19:00	30,80				57,93	46,83	22,69	57,09	60,25	23,28	56,90	59,09
DIA 3	7:00			16,95	29,50	42,54	15,28	21,73	29,69	11,25	22,30	49,55
	19:00			10,93	16,23	32,68	11,46	14,64	21,70	9,39	10,78	12,86
DIA 4	7:00			7,52	10,47	28,17	9,69	10,98	11,72	6,86	8,99	23,73
PACIENTE 28	53			DIA 2	7:00	82,80			88,30			63,30
		19:00	40,60		79,31	48,81	35,30	84,57	58,26	32,50	60,63	46,40
		DIA 3	7:00	23,20	38,89	40,34	24,40	33,81	27,83	19,40	31,13	37,68
			19:00	10,90	22,22	50,95	11,20	23,37	52,08	12,40	18,58	33,27
		DIA 4	7:00	6,99	10,44	33,05	6,30	10,73	41,27	4,35	11,88	63,37
		PACIENTE 29	53	DIA 2	7:00	79,79			71,72			55,54
19:00	31,75				76,42	58,46	26,22	68,69	61,83	23,58	53,20	55,67
DIA 3	7:00			22,35	30,41	26,51	20,83	25,11	17,06	13,55	22,59	40,00
	19:00			9,77	21,41	54,36	9,71	19,95	51,33	7,23	12,98	44,29
DIA 4	7:00			5,62	9,36	39,94	5,38	9,30	42,15	4,84	6,92	30,11
PACIENTE 30	54			DIA 2	7:00	58,16			58,91			59,16
		19:00	35,23		55,71	36,76	38,82	56,42	31,20	34,60	56,66	38,94
		DIA 3	7:00	18,40	33,74	45,47	17,50	37,18	52,93	16,20	33,14	51,12
			19:00	10,90	17,62	38,15	12,10	16,76	27,81	14,20	15,52	8,48
		DIA 4	7:00	6,92	10,44	33,72	5,65	11,59	51,25	21,73	13,60	59,77

TABLA 11-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DÍAS	HORA	Tasa medida a 1 m (μ Sv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (μ Sv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (μ Sv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 31	54	DIA 2	7:00	40,65			45,19			45,16		
			19:00	22,75	38,94	41,57	21,43	43,28	50,49	22,75	43,25	47,40
		DIA 3	7:00	12,00	21,79	44,93	39,50	20,53	-92,44	12,00	21,79	44,93
			19:00	6,01	11,49	47,71	6,84	37,83	81,92	6,57	11,49	42,84
		DIA 4	7:00	3,55	5,76	38,33	3,50	6,55	46,58	3,24	6,29	48,51
PACIENTE 32	54	DIA 2	7:00	54,80			59,10			54,60		
			19:00	30,90	52,49	41,13	25,70	56,61	54,60	29,50	52,30	43,59
		DIA 3	7:00	18,09	29,60	38,88	18,09	24,62	26,51	12,54	28,26	55,62
			19:00	10,97	17,33	36,69	10,97	17,33	36,69	10,75	12,01	10,50
		DIA 4	7:00	7,30	10,51	30,52	5,36	10,51	48,99	5,35	10,30	48,04
PACIENTE 33	56	DIA 2	7:00	57,92			50,54			45,76		
			19:00	28,64	55,48	48,37	27,45	48,41	43,29	23,43	43,83	46,54
		DIA 3	7:00	14,14	27,43	48,45	13,54	26,29	48,50	10,23	22,44	54,41
			19:00	10,42	13,54	23,06	7,85	12,97	39,47	7,18	9,80	26,72
		DIA 4	7:00	6,38	9,98	36,07	4,32	7,52	42,54	6,45	6,88	6,21
PACIENTE 34	38	DIA 2	7:00	49,95			64,00			61,61		
			19:00	23,16	47,84	51,59	21,91	61,30	64,26	20,77	59,01	64,80
		DIA 3	7:00	12,90	22,18	41,85	13,13	20,99	37,43	10,44	19,89	47,52
			19:00	8,10	12,36	34,44	5,76	12,58	54,20	6,15	10,00	38,50
		DIA 4	7:00	5,59	7,76	27,95	3,81	5,52	30,94	2,75	5,89	53,31
PACIENTE 35	57	DIA 2	7:00	52,80			65,41			55,04		
			19:00	32,98	50,57	34,79	26,64	62,65	57,48	22,09	52,72	58,10
		DIA 3	7:00	17,53	31,59	44,51	9,93	25,52	61,08	12,71	21,16	39,93
			19:00	10,99	16,79	34,55	8,38	9,51	11,89	7,57	12,17	37,82
		DIA 4	7:00	8,45	10,53	19,73	7,62	8,03	5,06	8,19	7,25	12,96

TABLA 11-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 36	57	DIA 2	7:00	63,19			56,46			67,35		
			19:00	32,84	60,52	45,74	24,54	54,08	54,62	39,56	64,51	38,67
		DIA 3	7:00	17,51	31,45	44,33	14,27	23,50	39,29	19,34	37,89	48,96
			19:00	10,52	16,77	37,27	9,67	13,67	29,25	13,89	18,52	25,02
		DIA 4	7:00	8,43	10,08	16,34	4,96	9,26	46,45	7,32	13,30	44,98
		PACIENTE 37	65	DIA 2	7:00	52,95			55,31			50,65
19:00	24,73				50,72	51,24	25,68	52,98	51,53	31,17	48,51	35,75
DIA 3	7:00			15,63	23,69	34,01	17,85	24,60	27,43	16,52	29,85	44,67
	19:00			8,98	14,97	40,02	12,43	17,10	27,30	7,18	15,82	54,62
DIA 4	7:00			7,24	8,60	15,83	8,56	11,91	28,10	2,13	6,88	69,03
PROMEDIO				DIA 2	7:00	64,10			67,85			63,04
		19:00	34,93				34,05			32,10		
		DIA 3	7:00	19,03			20,21			16,89		
			19:00	11,81			11,54			10,79		
		DIA 4	7:00	7,33			6,51			7,19		
		DESVIACIÓN ESTANDAR		DIA 2	7:00	25,49			24,18			19,38
19:00	14,65						15,97			12,22		
DIA 3	7:00			10,71			10,89			9,37		
	19:00			7,02			6,30			6,02		
DIA 4	7:00			4,60			4,68			5,64		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 11-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Total cuya dosis de radioiodo administrado fue de 100 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento alcanzan cifras muy elevadas, representando un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 19:00 del segundo día se alcanzan cifras aun elevadas, aunque en términos estrictamente técnicos se podría dar de alta radiológica, ya que se estaría cumpliendo con el protocolo establecido por la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM que recomienda dar de alta con 35 $\mu\text{Sv/h}$ de tasa de dosis. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanos a los 7 $\mu\text{Sv/h}$ mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 31-4, 32-4 y 33-4.

La mayor cantidad de pacientes que padecen cáncer de tiroides son dosificados con 100 mCi de iodo-131. Bien podrían los pacientes ser dados de alta radiológica al tercer día de haber sido internado ya que su promedio de tasa de dosis es de 19,03 $\mu\text{Sv/h}$ en la mañana. La totalidad de los pacientes a los que se administra 100 mCi de radioiodo eliminan adecuadamente el efecto de la sustancia radiactiva a las 65 horas a nivel del cuello a un metro de distancia, suponiendo que no tienen problemas renales.

Los pacientes que recibieron 50 y 100 mCi de iodo-131, y que fueron sometidos a Tiroidectomía Total presentaron una eliminación levemente más baja al cuarto día comparado con pacientes que fueron sometidos a Tiroidectomía Casi Total, debido a la presencia de restos tiroideos en este último, que ayuda a una mayor absorción de radioiodo.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 31-4, 32-4 y 33-4.

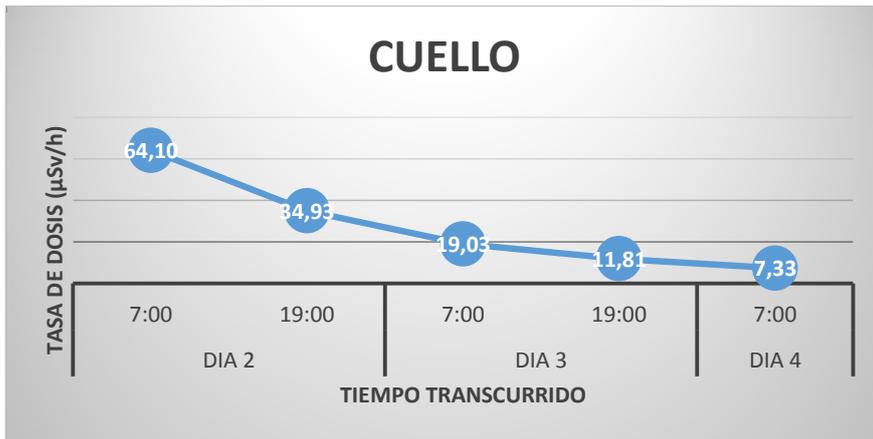


Figura 31-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 100 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

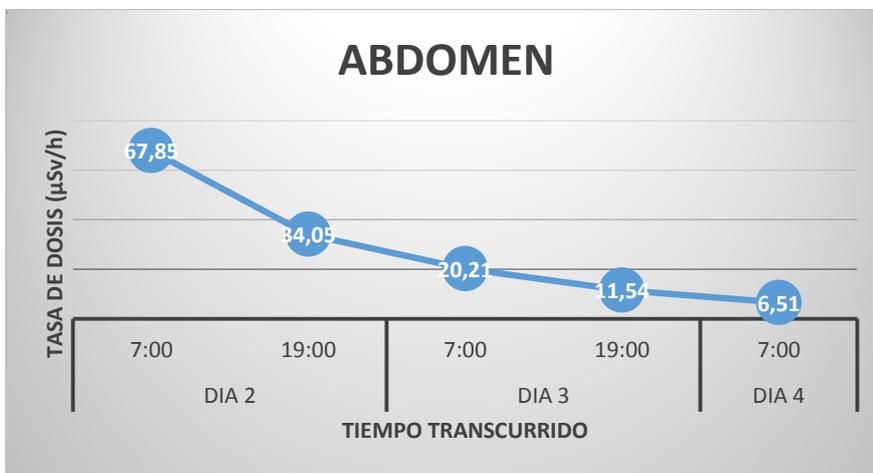


Figura 32-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 100 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

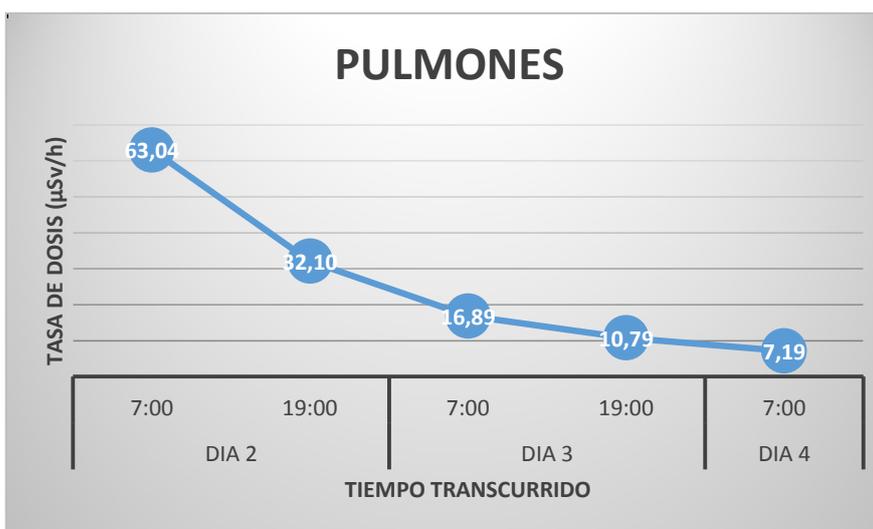


Figura 33-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 100 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.2.3 Pacientes con dosis de 150 mCi de iodo-131 del grupo II

Tabla 12-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar III

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	26	DIA 2	7:00	121,40			139,40			128,80		
			19:00	73,95	116,28	36,40	70,20	133,52	47,42	63,81	123,37	48,28
		DIA 3	7:00	46,43	70,83	34,45	37,66	67,24	43,99	37,29	61,12	38,99
			19:00	29,78	44,47	33,04	33,95	36,07	5,88	31,83	35,72	10,88
DIA 4	7:00	21,97	28,52	22,98	24,48	32,52	24,72	22,45	30,49	26,36		
	PACIENTE 2	DIA 2	7:00	138,30			148,90			124,40		
19:00			79,39	132,47	40,07	85,90	142,62	39,77	72,87	119,15	38,84	
DIA 3		7:00	38,94	76,04	48,79	37,66	82,28	54,23	39,94	69,80	42,78	
		19:00	27,18	37,30	27,13	25,98	36,07	27,98	23,94	38,25	37,42	
DIA 4	7:00	17,52	26,03	32,70	14,39	24,88	42,17	14,70	22,93	35,89		
	PACIENTE 3	DIA 2	7:00	123,00			126,00			110,00		
19:00			55,60	117,81	52,81	65,20	120,68	45,97	64,00	105,36	39,26	
DIA 3		7:00	47,50	53,25	10,81	37,00	62,45	40,75	36,10	61,30	41,11	
		19:00	21,80	45,50	52,08	19,80	35,44	44,13	19,00	34,58	45,05	
DIA 4	7:00	10,60	20,88	49,23	11,00	18,96	42,00	10,60	18,20	41,75		
	PACIENTE 4	DIA 2	7:00	108,00			106,00			88,40		
19:00			60,60	103,44	41,42	11,80	101,53	88,38	45,40	84,67	46,38	
DIA 3		7:00	23,70	58,04	59,17	25,60	11,30	-126,51	24,80	43,48	42,97	
		19:00	20,10	22,70	11,45	22,30	24,52	9,05	18,10	23,75	23,80	
DIA 4	7:00	12,80	19,25	33,51	12,90	21,36	39,60	8,35	17,34	51,84		

TABLA 12-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 5	42	DIA 2	7:00	82,80			91,20			92,80		
			19:00	36,30	79,31	54,23	53,20	87,35	39,10	57,40	88,88	35,42
		DIA 3	7:00	35,70	34,77	2,68	34,50	50,96	32,29	38,90	54,98	29,24
			19:00	14,50	34,19	57,59	13,00	33,04	60,66	11,60	37,26	68,87
DIA 4	7:00	8,59	13,89	38,15	6,71	12,45	46,11	5,56	11,11	49,96		
PACIENTE 6	42	DIA 2	7:00	118,00			128,00			130,00		
			19:00	73,50	113,02	34,97	86,00	122,60	29,85	80,90	124,52	35,03
		DIA 3	7:00	44,90	70,40	36,22	52,40	82,37	36,39	40,40	77,49	47,86
			19:00	28,20	43,01	34,43	38,20	50,19	23,89	30,60	38,70	20,92
DIA 4	7:00	14,90	27,01	44,84	16,90	36,59	53,81	14,20	29,31	51,55		
PACIENTE 7	42	DIA 2	7:00	95,20			112,00			94,00		
			19:00	54,00	91,18	40,78	65,30	107,27	39,13	52,80	90,03	41,36
		DIA 3	7:00	26,30	51,72	49,15	30,80	62,55	50,76	25,60	50,57	49,38
			19:00	19,00	25,19	24,57	18,80	29,50	36,27	18,30	24,52	25,37
DIA 4	7:00	12,40	18,20	31,86	12,90	18,01	28,36	11,90	17,53	32,11		
PACIENTE 8	47	DIA 2	7:00	61,10			64,00			58,10		
			19:00	40,50	58,52	30,80	41,90	61,30	31,65	31,60	55,65	43,22
		DIA 3	7:00	13,50	38,79	65,20	14,70	40,13	63,37	11,40	30,27	62,33
			19:00	29,70	12,93	129,69	27,60	14,08	96,03	18,80	10,92	72,18
DIA 4	7:00	8,16	28,45	71,32	9,40	26,44	64,44	8,86	18,01	50,80		
PACIENTE 9	49	DIA 2	7:00	107,00			119,00			94,90		
			19:00	58,70	102,49	42,72	62,80	113,98	44,90	51,70	90,90	43,12
		DIA 3	7:00	31,70	56,22	43,62	31,80	60,15	47,13	29,70	49,52	40,02
			19:00	18,50	30,36	39,07	19,10	30,46	37,29	14,80	28,45	47,97
DIA 4	7:00	13,80	17,72	22,12	12,90	18,29	29,49	10,90	14,18	23,11		

TABLA 12-4 CONTINUACIÓN				CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 10	56	DIA 2	7:00	81,45			82,16			86,42		
			19:00	60,16	78,01	22,89	62,65	78,69	20,39	61,23	82,77	26,03
		DIA 3	7:00	31,40	57,62	45,51	26,80	60,01	55,34	28,20	58,65	51,92
			19:00	20,90	30,08	30,51	22,10	25,67	13,91	18,80	27,01	30,40
DIA 4	7:00	6,51	20,02	67,48	8,30	21,17	60,79	7,23	18,01	59,85		
PACIENTE 11	56	DIA 2	7:00	111,00			133,00			11,70		
			19:00	69,80	106,32	34,35	76,30	127,39	40,10	75,80	11,21	576,40
		DIA 3	7:00	24,70	66,86	63,05	29,30	73,08	59,91	24,90	72,60	65,70
			19:00	18,20	23,66	23,07	20,70	28,06	26,24	22,80	23,85	4,40
DIA 4	7:00	8,71	17,43	50,03	10,80	19,83	45,53	10,60	21,84	51,46		
PROMEDIO		DIA 2	7:00	104,30			113,61			92,68		
			19:00	60,23			61,93			59,77		
		DIA 3	7:00	33,16			32,57			30,66		
			19:00	22,53			23,78			20,78		
DIA 4	7:00	12,36			12,79			11,40				
DESVIACIÓN ESTANDAR		DIA 2	7:00	22,33			25,86			34,38		
			19:00	13,59			21,08			14,25		
		DÍA 3	7:00	10,77			9,40			8,91		
			19:00	5,28			7,24			6,14		
DIA 4	7:00	4,58			4,82			4,58				

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 12-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Total con Carcinoma Papilar III, cuya dosis de radioiodo administrado fue de 150 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento superan los 100 $\mu\text{Sv/h}$, representando un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 07:00 del tercer día se alcanzan cifras aun elevadas, aunque en términos estrictamente técnicos se podría dar de alta radiológica, ya que se estaría cumpliendo con el protocolo establecido por la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM que recomienda dar de alta con 35 $\mu\text{Sv/h}$ de tasa de dosis. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanos a los 12 $\mu\text{Sv/h}$ mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 34-4, 35-4 y 36-4, aunque siguen representando un riesgo radiológico para las personas que rodean al paciente, por ende, se recomienda seguir las restricciones indicadas por el médico nuclear una vez lleguen a sus domicilios.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 34-4, 35-4 y 36-4.

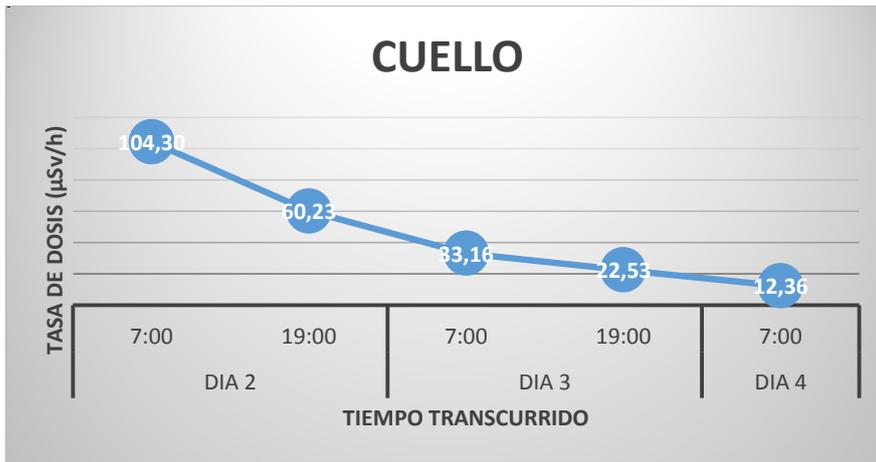


Figura 34-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 150 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

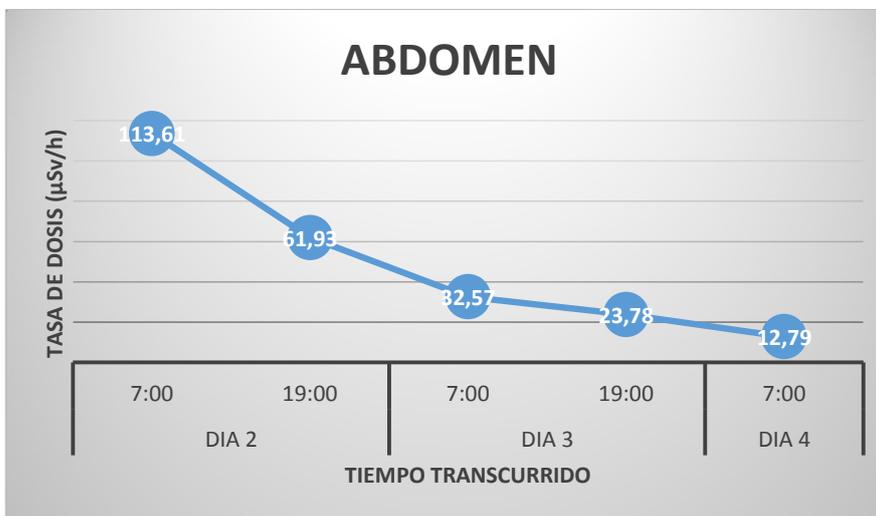


Figura 35-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 150 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

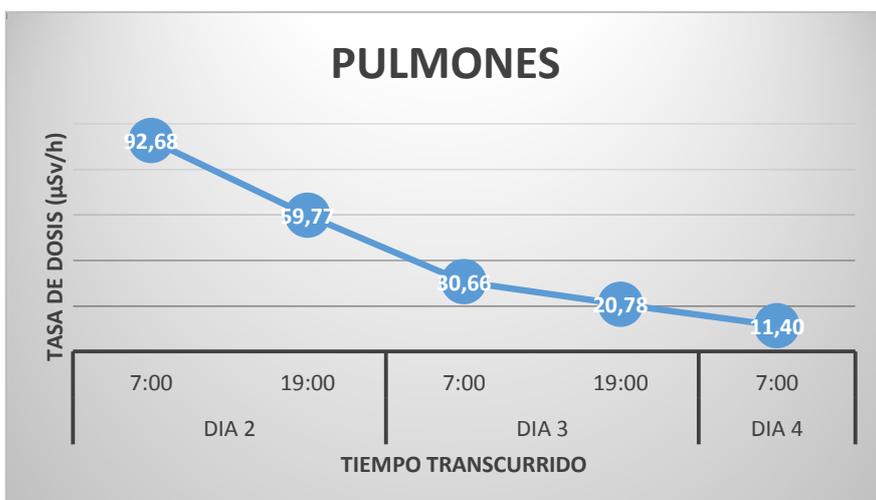


Figura 36-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 150 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 13-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar IV.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 12	48	DIA 2	7:00	70,80			70,20			68,60		
			19:00	49,60	67,81	26,86	56,70	67,24	15,67	56,50	65,71	14,01
		DIA 3	7:00	20,90	47,51	56,01	20,50	54,31	62,25	18,30	54,12	66,18
			19:00	12,40	20,02	38,06	14,60	19,64	25,64	11,10	17,53	36,67
DIA 4	7:00	5,37	11,88	54,79	5,54	13,98	60,38	5,42	10,63	49,02		
	PACIENTE 13	DIA 2	7:00	95,30			86,20			66,00		
19:00			37,80	91,28	58,59	52,00	82,56	37,02	36,60	63,22	42,10	
DIA 3		7:00	23,00	36,21	36,47	19,00	49,81	61,85	18,20	35,06	48,08	
		19:00	8,32	22,03	62,23	11,30	18,20	37,91	10,20	17,43	41,49	
DIA 4	7:00	6,37	7,97	20,07	8,61	10,82	20,45	6,52	9,77	33,26		
	PACIENTE 14	DIA 2	7:00	80,30			69,90			64,80		
19:00			32,30	76,91	58,00	39,10	66,95	41,60	29,40	62,07	52,63	
DIA 3		7:00	14,10	30,94	54,42	17,54	37,45	53,16	15,00	28,16	46,73	
		19:00	7,00	13,51	48,17	5,99	16,80	64,35	3,76	14,37	73,83	
DIA 4	7:00	8,60	6,70	28,27	3,66	5,74	36,21	2,58	3,60	28,36		
	PACIENTE 15	DIA 2	7:00	88,30			37,40			90,90		
19:00			44,30	84,57	47,62	51,70	35,82	44,32	53,10	87,07	39,01	
DIA 3		7:00	16,60	42,43	60,88	21,20	49,52	57,19	18,90	50,86	62,84	
		19:00	9,25	15,90	41,82	11,20	20,31	44,84	11,80	18,10	34,82	
DIA 4	7:00	4,85	8,86	45,26	5,89	10,73	45,09	6,32	11,30	44,08		
	PACIENTE 16	DIA 2	7:00	86,50			103,00			86,10		
19:00			50,70	82,85	38,81	55,90	98,65	43,34	56,80	82,47	31,12	
DIA 3		7:00	25,40	48,56	47,69	28,40	53,54	46,96	20,70	54,40	61,95	
		19:00	12,00	24,33	50,67	13,10	27,20	51,84	10,70	19,83	46,03	
DIA 4	7:00	11,20	11,49	2,56	10,50	12,55	16,32	7,94	10,25	22,53		
	PROMEDIO	DIA 2	7:00	84,24			73,34			75,28		
19:00			42,94			51,08			46,48			
DIA 3		7:00	20,00			21,33			18,22			
		19:00	9,79			11,24			9,51			
DIA 4	7:00	7,28			6,84			5,76				
	DESVIACIÓN ESTANDAR	DIA 2	7:00	10,55			20,48			12,32		
19:00			7,54			7,54			13,00			
DIA 3		7:00	4,04			1,63			1,76			
		19:00	2,30			3,56			3,70			
DIA 4	7:00	2,62			2,70			1,99				

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 13-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Total con Carcinoma Papilar IV, cuya dosis de radioiodo administrado fue de 150 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento es muy elevada, la cual representa un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 07:00 del tercer día se alcanzan cifras aun elevadas, aunque en términos estrictamente técnicos se podría dar de alta radiológica, ya que se estaría cumpliendo con el protocolo establecido por la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM que recomienda dar de alta con 35 $\mu\text{Sv/h}$ de tasa de dosis. Al cuarto día los pacientes abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanos a los 7 $\mu\text{Sv/h}$ mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 37-4, 38-4 y 39-4, aunque siguen representando un riesgo radiológico para las personas que rodean al paciente, por ende, se recomienda seguir las restricciones indicadas por el médico nuclear una vez lleguen a sus domicilios.

Cuando se administra 150 mCi bien podrían los pacientes abandonar el hospital en la mañana del tercer día, cumpliendo con el protocolo sugerido por la Unidad de Medicina Nuclear y por las Normas Internacionales de dosimetría de radiación externa referenciadas en esta investigación.

La totalidad de los pacientes a los que se administra 150 mCi de radioiodo eliminan adecuadamente el efecto de la sustancia radiactiva a las 53 horas a nivel del cuello a un metro de distancia, suponiendo que no tienen problemas renales.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 37-4, 38-4 y 39-4.

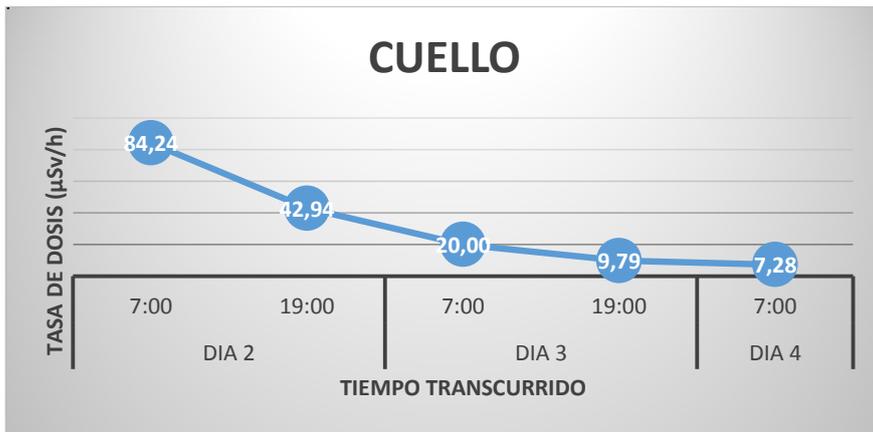


Figura 37-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 150 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

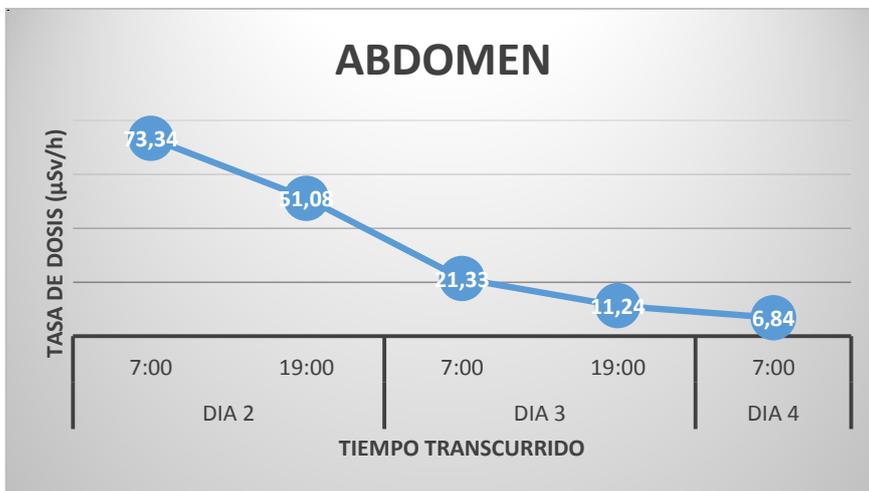


Figura 38-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 150 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

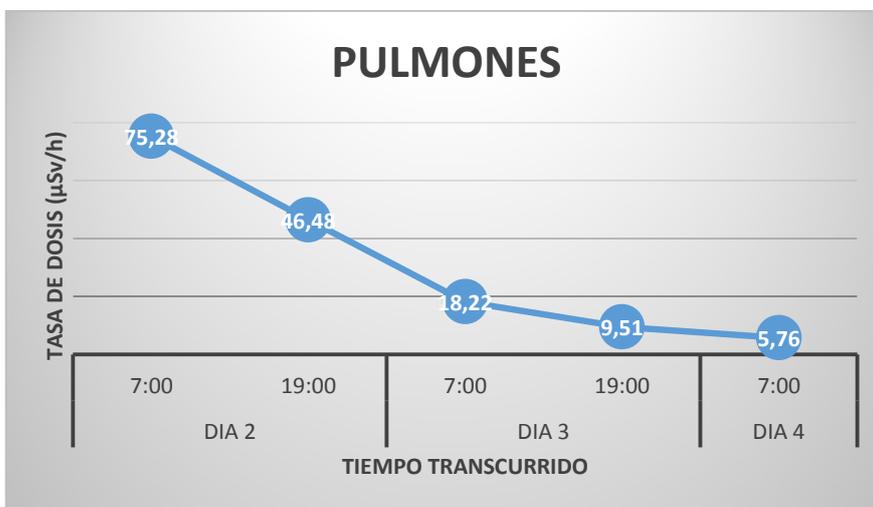


Figura 39-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 150 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.2.4 Pacientes con dosis de 200 mCi de iodo-131 del grupo II

Tabla 14-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar III.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa de dosis medida a 1 m (µSv/h)	Tasa de dosis esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 1	30	DIA 2	7:00	123,00			137,00			117,00		
			19:00	76,40	117,81	35,15	87,80	131,22	33,09	93,60	112,06	16,48
		DIA 3	7:00	38,70	73,18	47,11	42,10	84,10	49,94	27,40	89,65	69,44
			19:00	26,60	37,07	28,24	32,90	40,32	18,41	26,80	26,24	2,12
		DIA 4	7:00	19,00	25,48	25,43	23,10	31,51	26,69	14,80	25,67	42,34
PACIENTE 2	49	DIA 2	7:00	175,00			165,00			165,00		
			19:00	97,43	167,62	41,87	93,45	158,04	40,87	87,05	158,04	44,92
		DIA 3	7:00	43,72	93,32	53,15	48,12	89,51	46,24	45,32	83,38	45,64
			19:00	31,94	41,88	23,73	28,31	46,09	38,58	31,47	43,41	27,50
		DIA 4	7:00	16,84	30,59	44,95	17,31	27,12	36,16	15,95	30,14	47,08
PACIENTE 3	54	DIA 2	7:00	211,00			124,00			127,00		
			19:00	105,00	202,10	48,05	68,83	118,77	42,05	95,42	121,64	21,56
		DIA 3	7:00	55,86	100,57	44,46	38,23	65,93	42,01	39,54	91,39	56,74
			19:00	26,15	53,50	51,12	21,14	36,62	42,27	27,62	37,87	27,07
		DIA 4	7:00	17,08	25,05	31,81	10,74	20,25	46,96	13,61	26,45	48,55
PROMEDIO		DIA 2	7:00	169,67			142,00			136,33		
			19:00	92,94			83,36			92,02		
	DIA 3	7:00	46,09			42,82			37,42			
		19:00	28,23			27,45			28,63			
		DIA 4	7:00	17,64			17,05			14,79		
DESVIACIÓN ESTANDAR		DIA 2	7:00	44,24			20,95			25,32		
			19:00	14,82			12,90			4,40		
	DIA 3	7:00	8,82			4,98			9,15			
		19:00	3,22			5,93			2,49			
		DIA 4	7:00	1,18			6,18			1,17		

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 14-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Total con Carcinoma Papilar III, cuya dosis de radioiodo administrado fue de 200 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento llega hasta los 160 $\mu\text{Sv/h}$, lo cual representa una alta exposición radiológica. En abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento alcanzan cifras entre 142 y 136 $\mu\text{Sv/h}$ respectivamente, representando un riesgo radiológico para las personas que los rodean. A las 19:00 del tercer día se alcanzan cifras aun elevadas, aunque en términos estrictamente técnicos se podría dar de alta radiológica, ya que se estaría cumpliendo con el protocolo establecido por la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM que recomienda dar de alta con 35 $\mu\text{Sv/h}$ de tasa de dosis. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanos a los 17 $\mu\text{Sv/h}$ mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 40-4, 41-4 y 42-4, aunque siguen representando un riesgo radiológico para las personas que rodean al paciente, por ende, se recomienda seguir las restricciones indicadas por el médico nuclear una vez lleguen a sus domicilios.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 40-4, 41-4 y 42-4.

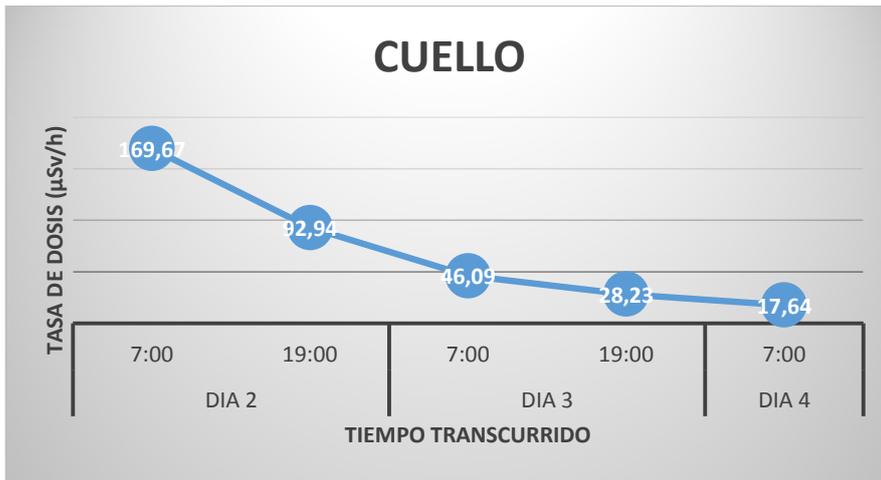


Figura 40-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

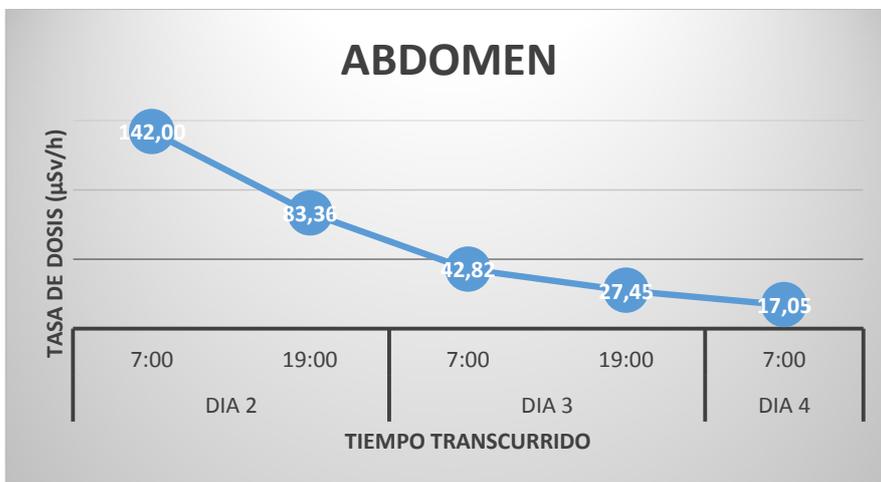


Figura 41-4: Promedio de la curva de retención en abdomen de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

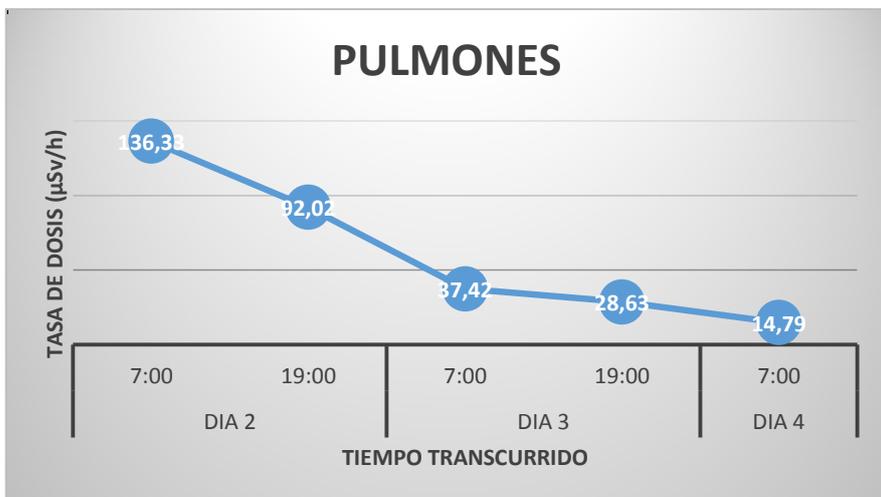


Figura 42-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 200 mCi de iodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Tabla 15-4: Dosimetría de Radiación Externa en Pacientes con Cáncer de Tiroides sometidos a Tiroidectomía Total – Papilar IV.

NOMBRE	EDAD	DIAS	HORA	CUELLO			ABDOMEN			PULMONES		
				Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)	Tasa medida a 1 m (µSv/h)	Tasa esperada (corregida por decaimiento)	Porcentaje de eliminación desde la última medida (%)
PACIENTE 4	29	DIA 2	7:00	187,00			172,00			148,00		
			19:00	172,00	179,11	3,97	130,00	164,74	21,09	74,90	141,76	47,16
		DIA 3	7:00	90,50	164,74	45,07	50,00	124,52	59,84	41,80	71,74	41,73
			19:00	21,30	86,68	75,43	24,20	47,89	49,47	35,10	40,04	12,33
PACIENTE 5	38	DIA 4	7:00	13,10	20,40	35,79	11,80	23,18	49,09	14,80	33,62	55,98
			7:00	121,00			162,00			109,00		
		DIA 2	19:00	64,93	115,90	43,98	102,62	155,17	33,86	63,94	104,40	38,76
			7:00	38,93	62,19	37,40	66,36	98,29	32,49	27,51	61,24	55,08
DIA 3	19:00	17,36	37,29	53,44	30,84	63,56	51,48	21,84	26,35	17,11		
	7:00	9,52	16,63	42,75	12,93	29,54	56,23	11,41	20,92	45,46		
PACIENTE 6	43	DIA 2	7:00	237,00			195,00			174,00		
			19:00	108,75	227,00	52,09	94,72	186,77	49,29	97,37	166,66	41,58
		DIA 3	7:00	67,31	104,16	35,38	56,32	90,72	37,92	51,94	93,26	44,31
			19:00	35,04	64,47	45,65	29,94	53,94	44,50	26,42	49,75	46,89
DIA 4	7:00	16,63	33,56	50,45	21,41	28,68	25,34	13,68	25,31	45,94		
	PROMEDIO	DIA 2	7:00	136,25			132,25			107,75		
19:00			86,42			81,84			59,05			
DIA 3		7:00	49,19			43,17			30,31			
		19:00	18,43			21,25			20,84			
DIA 4	7:00	9,81			11,54			9,97				
DESVIACIÓN ESTANDAR	DIA 2	7:00	58,18			16,92			32,72			
			53,83			18,51			17,04			
	DIA 3	7:00	25,83			8,25			12,27			
			9,28			3,60			6,73			
DIA 4	7:00	3,56			5,25			1,73				

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

Como se puede apreciar, en la tabla 15-4 se consideró a pacientes sometidos a Tiroidectomía Total con Carcinoma Papilar IV, cuya dosis de radioiodo administrado fue de 200 mCi. La tasa de dosis promedio en cuello, abdomen y pulmones a las 07:00 del segundo día después de haber empleado el tratamiento superan los 100 $\mu\text{Sv/h}$. A las 07:00 del tercer día se conserva una tasa de dosis aun perjudicial para el medio ambiente y personas que rodean al paciente. A las 19:00 del tercer día se alcanzan cifras aun elevadas, aunque en términos estrictamente técnicos se podría dar de alta radiológica, ya que se estaría cumpliendo con el protocolo establecido por la Unidad de Medicina Nuclear del HCAM que recomienda dar de alta con 35 $\mu\text{Sv/h}$ de tasa de dosis. Al cuarto día abandonan el hospital con valores de radiación externa cercanos a los 11 $\mu\text{Sv/h}$ mostrados gráficamente en las curvas de retención de las figuras 43-4, 44-4 y 45-4.

En todos los casos, en las primeras horas existe una gran cantidad de radiación externa emitida por pacientes hospitalizados, pero al llegar el cuarto día, todos los pacientes presentan tasas de dosis relativamente bajas debido, a que a esas horas se ha evacuado el 90 por ciento del yodo-131 y lo que se está midiendo es precisamente ese 5-10% de radioiodo que si se absorbió y que sirvió realmente como terapia ablativa a células cancerígenas.

La totalidad de los pacientes a los que se administra 200 mCi de radioiodo eliminan adecuadamente el efecto de la sustancia radiactiva a las 53 horas a nivel del cuello a un metro de distancia, suponiendo que no tienen problemas renales.

En el último día de medición, la tasa de dosis no sobrepasa el límite de los 35 $\mu\text{Sv/h}$ como se puede apreciar en las curvas de retención mostradas en las figuras 43-4, 44-4 y 45-4.

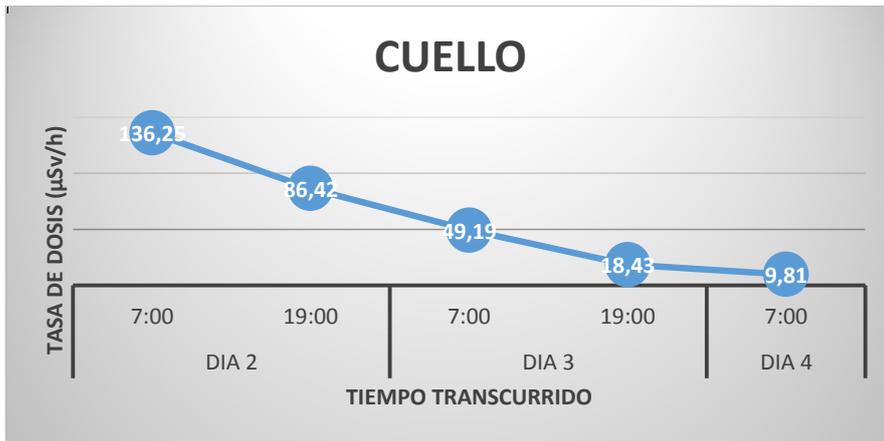


Figura 43-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 200 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

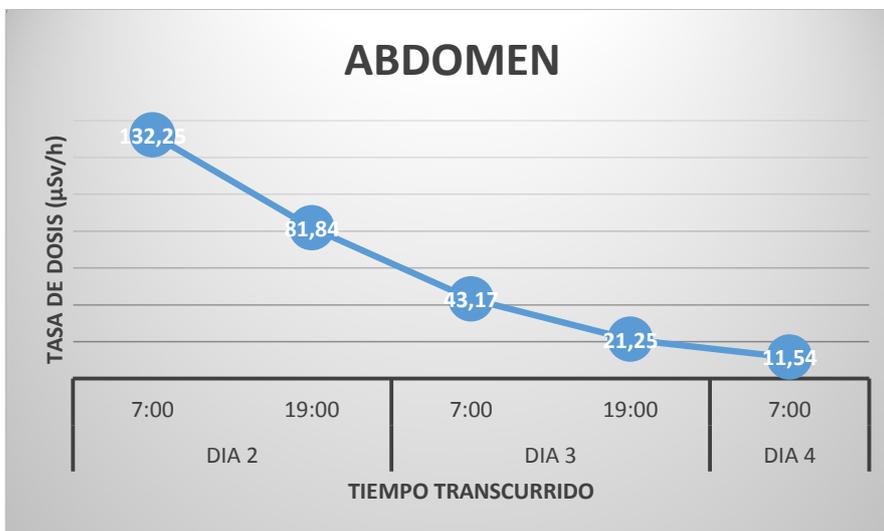


Figura 44-4: Promedio de la curva de retención en pulmones de pacientes suministrados 200 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

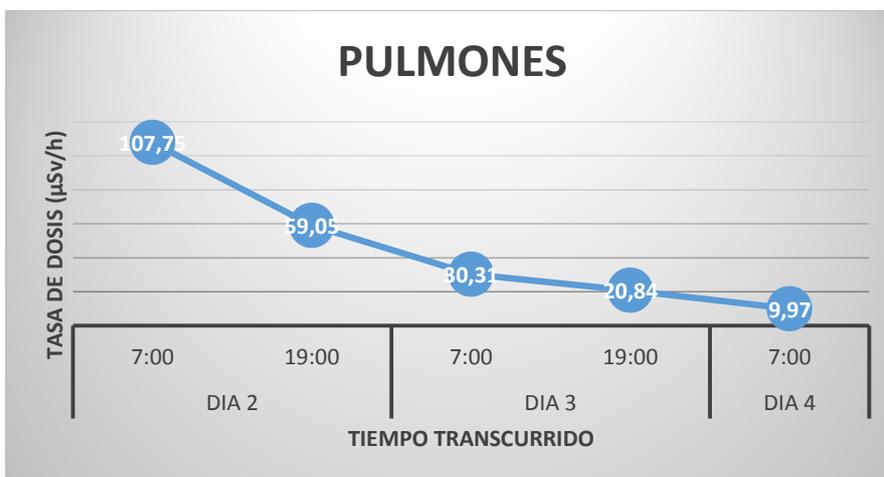


Figura 45-4: Promedio de la curva de retención en cuello de pacientes suministrados 200 mCi de yodo-131.

Realizado por: Adrián Valencia, 2018

4.3 Recomendaciones de Protección Radiológica

A continuación, se muestran recomendaciones sugeridas que arrojó esta investigación tanto para pacientes como para el Personal Ocupacionalmente Expuesto.

Recomendaciones para pacientes con Hipertiroidismo que recibieron tratamiento adyuvante mediante el empleo de iodo-131.

Es importante informarse acerca de los beneficios y riesgo que conlleva la utilización del iodo radioactivo. Los pacientes y familiares deben acercarse al Médico Nuclear y preguntar cualquier inquietud acerca del proceso terapéutico.

Días antes del tratamiento es importante preparar en sus hogares una habitación el cual solamente será ocupado por el paciente mientras dure la iodoterapia.

El día del tratamiento llegar a tiempo a la Unidad de Medicina Nuclear. Prestar atención a la charla impartida por el Personal de Seguridad y Protección Radiológica.

Es importante beberse todo el líquido de iodo-131 al momento de ingerirlo, sin dejar remanentes en el frasco, ya que una gota del líquido representa gran cantidad de radiación importante que sirve para obtener un mejor resultado del proceso terapéutico.

Una vez ingerido el iodo-131, tratar de movilizarse a la casa en transporte privado.

Al llegar a la casa, es importante no tener contacto con personas, animales o plantas a más de 4 metros de distancia. Evitar saludar con abrazos. Es de carácter obligatorio no tener contacto con niños y mujeres embarazados.

En los primeros siete días es recomendable que el paciente utilice un baño personal, evite salir del cuarto. Se solicita que el paciente no cocine ni coma en la mesa acompañada de personas. Es recomendable que la ropa que utiliza no la lave con el resto de ropa familiar.

Se debe lavar constantemente las manos, ya que ahí se acumula gran cantidad de radiación remanente.

Evitar visitas es preferible, ya que se exponen a radiación peligrosa e innecesaria.

Acudir a la Unidad de Medicina Nuclear a realizarse la medición de radiación externa.

En la segunda semana es recomendable no acudir a eventos públicos, recibir visitas de no más de 15 minutos, conversar con las personas a tres metros de distancia, si se comparten baños familiares, es recomendable descargar dos veces el agua del inodoro.

En la tercera semana se recomienda no dar abrazos, pero si tener conversaciones cortas de 10 minutos a una distancia de un metro y medio. Evitar el contacto con niños y mujeres embarazadas.

Acudir a la Unidad de Medicina Nuclear a realizarse la medición de radiación externa.

En la tercera semana evitar dar abrazos o dormir acompañado, ya que, si bien la tasa de dosis a un metro está disminuida, aún hay radiación ionizante a nivel de cuello y manos en contacto.

Acudir a la Unidad de Medicina Nuclear a realizarse la medición de radiación externa.

A la cuarta semana los pacientes regularmente están dados de alta. Se recomienda dar la vuelta el lado del colchón, lavar las sábanas y ropa utilizada. Puede realizar una vida normal.

Evitar embarazarse en el transcurso de un año.

Recomendaciones para pacientes con Cáncer de Tiroides que recibieron tratamiento ablativo con iodo-131.

Es importante informarse acerca de los beneficios y riesgo que conlleva la utilización del iodo radioactivo. Los pacientes y familiares deben acercarse al Médico Nuclear y preguntar cualquier inquietud acerca del proceso terapéutico.

Días antes del tratamiento es importante preparar en sus hogares una habitación el cual solamente será ocupado por el paciente cuando regrese a su domicilio después de ser dado de alta médica y radiológica.

El día del tratamiento acudir a tiempo a la Unidad de Medicina Nuclear acompañado de algún miembro de su familia. Prestar atención a la charla impartida por el Personal de Seguridad y Protección Radiológica.

Es importante beberse todo el líquido de iodo-131 al momento de ingerirlo, sin dejar remanentes en el frasco, ya que una gota del líquido representa gran cantidad de radiación importante que sirve para obtener un mejor resultado del proceso terapéutico.

Se recomienda no salir de sus habitaciones, informar al médico en turno o al personal al cuidado de su salud acerca de cualquier anomalía que sienta.

Si desea vomitar, hacerlo en los frascos señalados evitando vomitar en el baño.

Forrar con funda los artículos personales que use durante su hospitalización.

Evitar el contacto cercano con el médico que la/lo visite.

Realizarse ágilmente la medición de la radiación externa.

Es importante beber abundante líquido para estimular la producción de orina.

El día del alta radiológica, tratar de movilizarse a la casa en transporte privado.

Al llegar a la casa, es importante no tener contacto con personas, animales o plantas a más de 4 metros de distancia. Evitar saludar con abrazos. Es de carácter obligatorio no tener contacto con niños y mujeres embarazados.

En los primeros siete días es recomendable que el paciente utilice un baño personal, evite salir del cuarto. Se solicita que el paciente no cocine ni coma en la mesa acompañada de personas. Es recomendable que la ropa que utiliza no la lave con el resto de ropa familiar.

Se debe lavar constantemente las manos, ya que ahí se acumula gran cantidad de radiación remanente.

Es preferible evitar visitas, ya que se exponen a radiación peligrosa e innecesaria.

Acudir a la Unidad de Medicina Nuclear a realizarse la medición de radiación externa.

En la segunda semana es recomendable no acudir a eventos públicos. Recibir visitas de no más de 15 minutos. Conversar con las personas a tres metros de distancia. Si se comparten baños familiares, es recomendable descargar dos veces el agua del inodoro.

En la tercera semana se recomienda no dar abrazos, pero si tener conversaciones cortas de 10 minutos a una distancia de un metro y medio. Evitar el contacto con niños y mujeres embarazadas.

Acudir a la Unidad de Medicina Nuclear a realizarse la medición de radiación externa.

En la tercera semana evitar dar abrazos o dormir acompañado, ya que, si bien la tasa de dosis a un metro está disminuida, aún hay radiación ionizante a nivel de cuello y manos en contacto.

Acudir a la Unidad de Medicina Nuclear a realizarse la medición de radiación externa.

A la cuarta semana los pacientes regularmente están dados de alta. Puede realizar una vida normal.

Evitar embarazarse en el transcurso de un año.

Recomendaciones para el Personal Ocupacionalmente Expuesto encargados de la administración y empleo de iodo-131 y de los cuidados radiológicos de pacientes.

Utilizar la indumentaria de protección radiológica al momento de manipular el iodo-131.

Informar a los pacientes acerca de los cuidados, riesgos y beneficios que brinda la terapia con radioiodo.

Optimizar la mayor cantidad de iodo-131 a emplear en los pacientes

Conservar el iodo-131 en zonas seguras, con acceso restringido.

Fraccionar el iodo-131 con las medidas justas que garanticen el total restablecimiento de la salud de los pacientes.

Brindar la mayor parte de tiempo asesoría técnica al paciente y al médico nuclear.

Transportar el iodo-131 hacia hospitalización mediante rutas seguras que brinden protección a las personas que se encuentran en el hospital.

Indicar paso a paso a los pacientes la forma más eficiente de ingerir el iodo radioactivo, procurando que los pacientes no beban el frasco equivocado, o por su parte, que no rieguen radioiodo líquido.

Trasladar los restos de iodo-131 que quedan en los frascos de plásticos a la bodega de decaimiento de la manera más rápida.

Realizar las medidas de radiación externa de forma periódica. De manera estricta se solicita el uso de la indumentaria completa para realizar las medidas.

Las medidas se realizarán de forma rápida, ágil y eficaz.

Evitar tener contacto físico permanente con el paciente irradiado.

Incentivar al paciente a que ingiera la mayor cantidad de agua.

Explicar al servicio de hospitalización acerca de los riesgos radiológicos que puede generar la estadía del paciente.

El día del alta radiológica, solicitar al paciente que se dirija en transporte privado a sus domicilios. Explicándole que, si va a ir en coche, ocupe el asiento de atrás, diagonal al chofer, generando la mayor distancia posible.

Medir las sabanas y la cama que utilizaron los pacientes, medir el piso, baños y puertas. Si las sabanas se encuentran con valores superiores a los 10 $\mu\text{Sv/h}$ se envían a bodega de decaimiento.

Siempre utilizar guantes quirúrgicos.

Generar una cultura de información y aprendizaje continuo que permita a la sociedad acceder a este tipo de beneficios médicos.

Elaborar un Protocolo de medición de radiación externa basados en cumplimiento con la Recomendación 94 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

CONCLUSIONES

1. Para pacientes con hipertiroidismo clasificado como grupo I que se le suministraron 15, 20 y 25 mCi, en edades entre de 23 y 65 años, la tasa de dosis obtenida a un metro de distancia en cuello, abdomen y pulmones en la 3era semana de observación no superó los 1.59 $\mu\text{Sv/h}$.

2. Para pacientes con cáncer de tiroides clasificado como grupo II con dosis suministradas de 50, 100, 150 y 200 mCi, que oscilaron en edades entre 22 y 67 años, la tasa de dosis máxima obtenida a un metro de distancia en cuello, abdomen y pulmones fueron de:

- Con tiroidectomía casi total, con dosis de 50 y 100 mCi, la tasa de dosis obtenida al cuarto día fue alrededor de 10 $\mu\text{Sv/h}$.

- Con tiroidectomía total, con dosis de 50 y 100 mCi, la tasa de dosis obtenida al cuarto día fue alrededor de 7 $\mu\text{Sv/h}$.

- Con tiroidectomía total, con dosis de 150 y 200 mCi, la tasa de dosis obtenida al cuarto día fue de alrededor 17 $\mu\text{Sv/h}$.

- Para pacientes que se le suministran 150 y 200 mCi diagnosticados con cáncer de tiroides con tipos de carcinomas papilar estadio III, la tasa de dosis máxima obtenida al cuarto día fue de 17.6 $\mu\text{Sv/h}$ y los del tipo de carcinomas papilar estadio IV, la tasa de dosis máxima obtenida al cuarto día fue de 11.5 $\mu\text{Sv/h}$.

3. En todos los casos clasificados en el grupo I y II de pacientes, los valores de tasa de dosis no superan en la tercera semana y cuarto día el valor límite de 35 $\mu\text{Sv/h}$ para dar el alta radiológica.

4. Se implementan las recomendaciones de protección radiológica tanto para los pacientes como para los POE, formando parte de las actuaciones diarias por cada uno de los actores principales que intervienen en el desarrollo de los procedimientos de protección radiológica.

5. En el grupo I el alta radiológica se cumple a la primera semana después del tratamiento y para el grupo II el alta radiológica se cumple al tercer día de hospitalización.

RECOMENDACIONES

- Implementar las recomendaciones de protección radiológica para los POE y pacientes como parte de los protocolos establecidos en el hospital.
- Establecer como norma de trabajo en el hospital las mediciones periódicas de tasa de dosis en cada uno de los pacientes ya sean hospitalizados o ambulatorios.
- Realizar otras investigaciones que involucren valores de tasa de dosis de contacto para estos tipos de pacientes.
- Establecer por el HCAM, de acuerdo a los resultados obtenidos, para que se efectúe el alta radiológica al tercer día de hospitalización ya que no superan los 35 $\mu\text{Sv/h}$ de tasa de dosis en cuello, abdomen y pulmones establecidos en protocolos internacionales.

BIBLIOGRAFÍA

AMARO, J. Factor de retención (q). Ugr.es [en línea]. 2006. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <<http://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema7/node29.html>>.

BAÑOS, Miguel Alcaraz. “Magnitudes y unidades radiológicas”. pp.5-8. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <<http://docplayer.es/19100012-Tema-3-magnitudes-y-unidades-radiologicas-miguel-alcaraz-banos.html>>

BAUTISTA, J. et al. “Dosimetría individualizada para pacientes de cáncer diferenciado de tiroides basada en tasa de dosis externa. Optimización del número de medidas”. Rev Esp Med Nucl Imagen Mol [en línea], 2016, (España) pp. p3. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2253808916000021>>.

CSN. “Criterios para el empleo de los equipos de medida de la radiación: sensibilidad, precisión, tiempo de respuesta, geometría de irradiación, reproducibilidad y eficiencia ante fotones y partículas de distinta energía”. Curso de supervisores de instalaciones radiactivas (IR) módulo básico [en línea], 2013, pp.5. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1458045353_1572009114656.pdf>

CSN. “Dosimetría de la radiación. dosimetría de la radiación externa”. Curso de SUPERVISORES de instalaciones radiactivas (IR) módulo básico [en línea], 2013, pp.4. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/633414741_1572009113011.pdf>

CSN. “Detección y dosimetría de la radiación”. Curso de supervisores de instalaciones radiactivas (IR) módulo básico [en línea], 2009, pp.7. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en:

<http://www.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/hpm/servicioandaluzdesalud/hpm2/puertadelmar/c/document_library/get_file?uuid=c649b038-98b7-49cf-80f7-a39366408f13&groupId=12100>

CSN et al. “Criterios de alta de pacientes y medidas para la protección radiológica del público después de tratamientos metabólicos con I-131”. Foro sobre protección radiológica en el medio sanitario [en línea], 2011, (España), pp.6. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <<https://www.csn.es/documents/10182/1006281/Criterios%20de%20alta%20de%20pacientes%20y%20medidas%20para%20la%20protecci%C3%B3n%20radiol%C3%B3gica%20del%20p%C3%ABblico%20despu%C3%A9s%20de%20tratamientos%20metab%C3%B3licos%20con%20Yodo-131>>

FUSTER et al. “Nuevos aspectos del tratamiento con yodo-131 en el cáncer diferenciado de tiroides”. Servicio de medicina nuclear [en línea], 2018, (Barcelona-España) 48 (1), pp.20-21. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <<http://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-nutricion-12-articulo-nuevos-aspectos-tratamiento-con-yodo-131-S1575092201735012>>

GALLEGOS, Á et al. “Uso de yodo radiactivo I-131 y monitorización de radiactividad en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis”. Revista Nefrología [en línea], 2014, (España) pp. 321. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <<http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-pdf-uso-yodo-radiactivo-i-131-monitorizacion-radiactividad-pacientes-con-enfermedad-renal-X021169951405403X>>.

GANATRA, R. & NOFAL, M. “Promoción de la medicina nuclear en países en desarrollo”. OIEA BOLETÍN. [En línea]. 1986, pp. 5. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.iaea.org/sites/default/files/28205880410_es.pdf>.

GAUNA et al. “Tratamiento del hipertiroidismo por enfermedad de graves en pacientes adultos no embarazadas”. Revista Argentina de endocrinología y metabolismo [en línea], 2013, (Argentina) 50 (2), pp.108-115. [Consulta: 28 de mayo 2018]. ISSN 1851-3034. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30342013000200007>

GONZÁLEZ, Hernán & MOSSO, Lorena. “Cáncer papilar de tiroides: visión actual”. Medicina al día [en línea], 2006, Chile, 31, pp.87-90. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <<http://publicacionesmedicina.uc.cl/Boletin/20062/CancerPapilar.pdf>>.

IAEA. “Control de calidad de los instrumentos de medicina nuclear”. Sección de Medicina Nuclear [en línea], 1991, (Austria), pp.17. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/021/31021017.pdf>

INFANTES AMOROS, Adalberto & TURCIOS TRISTA, Silvia Elena. “Hipertiroidismo”. CLÍNICA [en línea], 2013, (La Habana-Cuba) (23), pp.1-2. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <http://bvs.sld.cu/revistas/end/vol23_3_12/end05312.htm>

MONTERO, E. “Protección radiológica en el manejo de pacientes hospitalizados, sometidos a radioisotopoterapia con yodo-131 (I-131) en el instituto oncologico nacional “Dr. Juan Tanca Marengo”” [En línea] (tesis). SOLCA. Guayaquil-Ecuador. 2002. pp. 1-8 [Consulta: 2018-05-28]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1554>

MONTOZA AGUADO et al. “Control de calidad de activímetros”. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular [en línea], 2004, (España) 23 (6), pp.1. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <<http://www.elsevier.es/es-revista-revista-esp%C3%B1ola-medicina-nuclear-e-imagen-molecular-125-articulo-control-calidad-activimetros-13067833>>

OCAMPO RAMOS, Juan Camilo. “Determinación de factores de dosimetría interna debido a la ingestión e inhalación de materiales radioactivos”. [En línea] (Tesis). Universidad Nacional de Colombia. Medellín-Colombia. 2012. pp. 24 [Consulta: 2018-05-28]. Disponible en: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/8369/4/1037585943.2012.pdf>>

PASCUAL BENÉS, Adoración & GADEA CARRERA, Enrique. “Radiaciones ionizantes: normas de protección”. NTP [en línea], 2005, (España), pp.5. [Consulta: 25 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_614.pdf>

PATIÑO, José. Bocio y cáncer de tiroides. Bogotá-Colombia: Fondo Educativo Interamericano, 1976, pp.176.

QUISPE BARRIGA, Elida Noemí & TABOADA ROSELLO, Cristopher Jesús. “Valores de la tasa de exposición a un metro de distancia del paciente al término de un estudio de gammagrafía ósea con tecnecio 99 metaestable” [En línea] (tesis). Servicio De Medicina Nuclear Instituto Nacional De Enfermedades Neoplásicas. Lima. 2013. pp.8 [Consulta: 2018-05-28]. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4042/Quispe_be.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RADEYE B20/ER. 2018. Laurussystems.com [en línea] [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.laurussystems.com/Thermo-RadEye.htm>

ROBLEDO, J. RUSSO, S. “Protocolo de radioproteccion destinado al personal de internacion al cuidado de pacientes en tratamiento con 131i”. CNEA-UBA [en línea], 2009, (Buenos Aires-Argentina), pp.5-6. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/098/44098465.pdf>

ROJO, Ana María & GÓMEZ PARADA, Ines. “Metodología mird”. Curso de dosimetría interna en medicina nuclear” [en línea]. 2004, (Buenos Aires-Argentina), pp.5. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/35/103/35103652.pdf?r=1>.

RUIZ, M et al. “Dosimetría de pacientes con cáncer diferenciado de tiroides en tratamiento de terapia metabólica con 131-I a partir de medidas de tasa de dosis externa”. Rev Fis Med [en línea]. 2010, (España) 11 (1), pp.41. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <<https://revistadefisicamedica.sefm.es/index.php/rfm/article/view/87/88>>.

TRANO et al. “Revisión de la protección radiológica en medicina nuclear y análisis de nuevas técnicas médicas”. Proyecto ACDOS-5-P-3 – Informe Final – Parte I [en línea], 2018, (Buenos Aires-Argentina) 7 (2), pp.8-9. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/33/070/33070592.pdf>

WOHLLK, Nelson & DOMÍNGUEZ, José Miguel. “Guia Clinica Nodulo Tiroideo y Cancer de Tiroides”. Research [en línea], 2015, (Chile) (1), pp.36. [Consulta: 28 de mayo 2018]. Disponible en: <<https://www.researchgate.net/publication/275657911>>

WOOCOMMERCE, B. 2018. RadEye B20 & B20-ER Multi-Purpose Survey Meter | EPE. EPE [en línea]. [Consulta: 28 mayo 2018]. Disponible en: <<https://www.epequip.com/catalogue/all-hazards-management/radeye-b20-b20-er/>>.

Anexo B.- Preparación del paciente

INDICACIONES PACIENTES A CASA

No tomar Levotiroxina desde día: _____

Examen de sangre: _____

- **PERSONAS EN EDAD FERTIL (QUE AUN TENGAN SU PERÍODO MENSTRUAL) REALIZARSE 2 DÍAS ANTES UNA PRUEBA DE EMBARAZO EN SANGRE.**

DIETA DESDE DÍA: _____

Alimentos que NO debe consumir	Alimentos permitidos
Mariscos (pescados y derivados)	Arroz, papa, fideos
Sal Yodada	Carne de res, cerdo, pollo
Brócoli, acelga, espinaca, lechuga	Frutas
Frutas Secas	Té, café, pan integral
Lácteos y derivados	Azúcar y endulzantes
Enlatados y embutidos	SAL EN GRANO
Yema de huevo	Clara de huevo

Fecha de tratamiento de yodo Radiactivo:

Lunes _____ Viernes _____ Acudir a las 9h30am.

Desayuno (hasta máximo 8 am) que consiste en:

- Agua Aromática, café en agua
- 2 Panes u 8 tostadas
- 1 Fruta o jugo de fruta.

Después de las 8H00am, no ingerir alimentos.

-El día de la administración, recibe una charla sobre cómo manejarse con respecto al yodo radiactivo (favor acudir con un familiar que pueda permanecer desde las 9h30am hasta las 13h00 aproximadamente).



Dr. Fernando Yerovi G.
ESPECIALISTA EN MEDICINA NUCLEAR
Reg. Senescyt 858184747

Anexo C.- Formulario de registro del alta radiológica a pacientes hospitalizados a causa de cáncer de tiroides

	INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL HOSPITAL "CARLOS ANDRADE MARIN"		
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE LA UNIDAD DE MEDICINA NUCLEAR, HCAM		
	Fecha de elaboración Agosto 2015	Fecha de aprobación Diciembre 2015	Versión 01
Elaborado por:	Marcos Frías, M.Sc.	Revisado por:	Ledo. Marco Maldonado
		Aprobado por:	Dr. Mauricio Heredia

ALTA RADIOLÓGICA A PACIENTES TRATADOS CON YODO 131 (G1)							
FECHA DE ADMINISTRACIÓN:		05/02/2018		DATOS DEL DETECTOR			
HORA DE ADMINISTRACIÓN:		13H00		ALTA:	8x32		
FECHA DE MEDICIÓN:		08/02/2018		MARCA:	Alert		
DOSIS LÍMITE:		35 µSv/h ± 5 µSv/h		MODELO:	Inspector		
				SERIE:	14927 / 15779		
N	NOMBRE	HABITACIÓN	DOSIS	TASA DE DOSIS (µSv/h)			
				CUELLO	ABDOMEN	PULMONES	ORINE
1	XXXXXXXXXX	15	100	8,88	11,2	9,45	113
2	XXXXXXXXXX	15	100	7,26	7,04	9,63	122
3	XXXXXXXXXX	16	150	10,0	10,7	11,2	187
4	XXXXXXXXXX	16	150	9,97	11,87	9,90	160
		0	0				
		0	0				
		0	0				

RESPONSABLE: M. Espinoza

ENDOCRINOLOGIA
 ONCOLOGÍA
 OTRO.....

RESPONSABLE MEDICIÓN: [Signature]

Anexo D.- Formulario de registro de cada paciente al que se le va a administrar iodo-131.

		INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL HOSPITAL "CARLOS ANDRADE MARIN"			
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE LA UNIDAD DE MEDICINA NUCLEAR-PEIV/CT		Fecha de elaboración 21/09/2015		Versión 01	
EN REVISION		Fecha de revisión / Actualización		Aprobado por:	
Elaborado por: Marcos Frias, M.Sc	Revisado por: Dra. Andrea Martínez Lcdo. Marco Maldonado	Dr. María Fernanda Luján			

MATERIAL RADIOACTIVO						
FECHA DE REQUERIMIENTO:						
ACTIVIDAD TOTAL (mCi)						
NOMBRE DEL PACIENTE	CEDULA DE IDENTIDAD	Nº HISTORIA CLÍNICA	TELÉFONO DE CONTACTO	DOSIS ADMINISTRADA mCi	TIPO DE TRATAMIENTO	FECHA DE TRATAMIENTO

**JEFE DEL SERVICIO DE
MEDICINA NUCLEAR**

**OFICIAL SEGURIDAD
RADIOLOGICA**

SECRETARÍA DE CONTROL Y APLICACIONES NUCLEARES

Firma de Responsabilidad



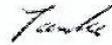
Anexo F.- Ficha de hospitalización.

26/02/2018	<p>FAVOR HOSPITALIZAR EN LAS CAMAS DE MEDICINA NUCLEAR</p> <p>A PACIENTE: XXXXXXXXXXXX</p> <p>NUMERO DE CÉDULA: XXXXXXXXXXXX</p> <p>CON HISTORIA CLÍNICA: XXXXXXXXXXXX</p> <p>LA PACIENTE VA A RECIBIR TRATAMIENTO DE YODO RADIACTIVO CON DOSIS DE 150mCi.</p>
------------	--

Imp. Dg: Ca diferenciado de Tiroides. (C-73).

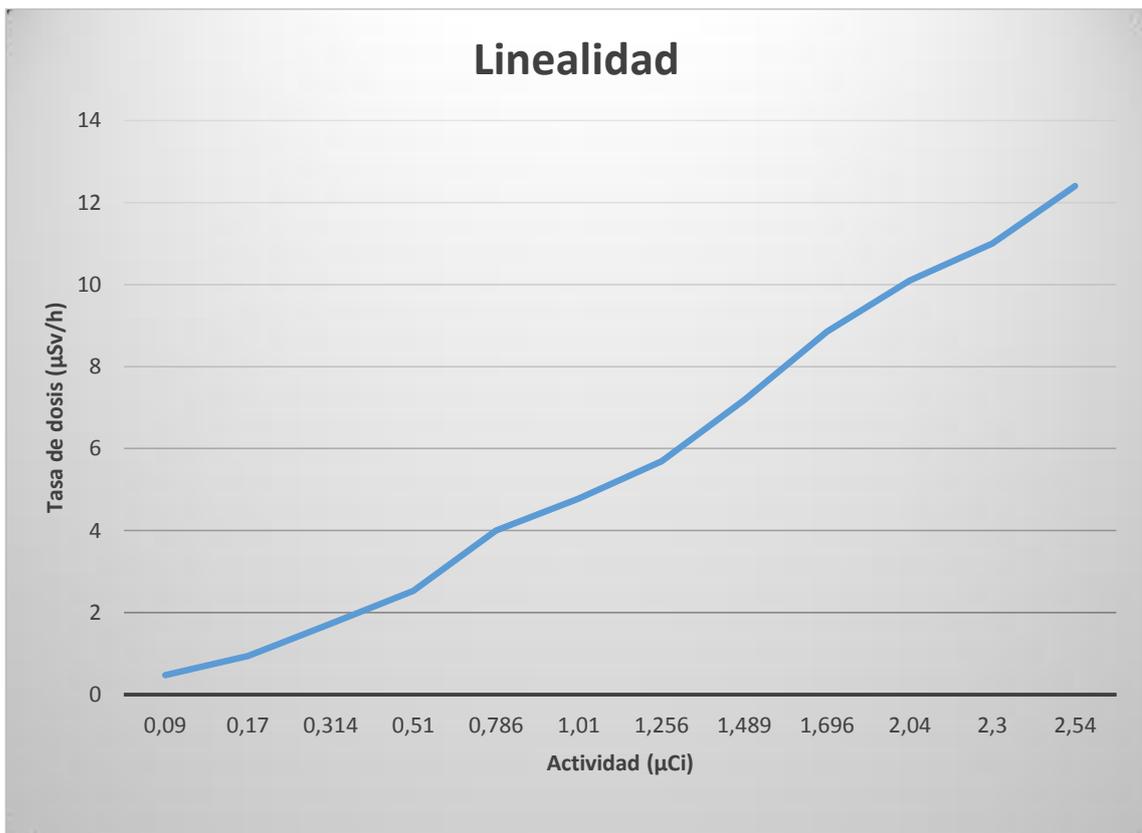
Unidad de Medicina Nuclear
HOSPITAL
IESS Carlos Andrade Marín

Dr. Fernando Yerovi G.
UNIDAD DE MEDICINA NUCLEAR
P.O. Senescyt 850104747

	<h2 style="margin: 0;">Werksbescheinigung über Kalibrierung</h2> <h3 style="margin: 0;">Calibration Certificate</h3>	Seite / Page: 1/4																														
<p>Prüfling / Test piece : RadEye B20-ER</p> <p>Seriennummer / Serial number : 32083</p> <p>Zeichnungsnummer / Drawing number 42506 / 8510</p> <p>Software Version / Software version : E3.06</p> <p>LP-Version / Board-No : 50303614 I</p>																																
<p>Messbereich / Measurement range : 100 mSv/h</p> <p>Kalibrierparameter / Calibration Parameters</p> <p>Umgebungsäquivalentdosisleistung / Ambient equivalent : H*(10)</p> <p>Kalibrierdatum / Date of calibration : 6. Juli 2017 / July 6, 2017</p>																																
<p>Kalibrierparameter / Calibration parameters</p> <p>Kalibrierfaktor / Calibration factor [(µSv/h)/cps] : 1,7168E-01</p> <p>Totzeit R1 / Dead time R1 [µs] : 1,6914E+02</p> <p>TTP-Faktor / TTP factor : 8,1855E+05</p> <p>TTP-Totzeit / TTP Dead time [µs] : 3,3000E+00</p>																																
<p>Vergleichsmessungen / Check measurements</p> <p>Überprüfung der Messgenauigkeit mit Strahler Cs-137 : Verification of the measurement accuracy Cs-137 : Die angegebenen Sollwerte der Dosisleistung haben eine Unsicherheit von weniger als ± 3%. The indicated nominal values have an uncertainty of less than ± 3%</p>																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Sollwert [mSv/h]</th> <th>Messwert [mSv/h]</th> <th>Abweichung [%]</th> <th>Messzeit [s]</th> <th>Zulässige Abweichung</th> </tr> <tr> <th>Nominal [mSv/h]</th> <th>Actual [mSv/h]</th> <th>Deviation [%]</th> <th>Measuring time [s]</th> <th>Tolerance limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,0800</td> <td>0,0785</td> <td>-1,8</td> <td>60</td> <td>-10% .. 10%</td> </tr> <tr> <td>0,800</td> <td>0,794</td> <td>-0,8</td> <td>30</td> <td>-10% .. 10%</td> </tr> <tr> <td>8,00</td> <td>8,22</td> <td>2,7</td> <td>30</td> <td>-10% .. 10%</td> </tr> <tr> <td>80,0</td> <td>80,5</td> <td>0,6</td> <td>20</td> <td>-10% .. 10%</td> </tr> </tbody> </table>			Sollwert [mSv/h]	Messwert [mSv/h]	Abweichung [%]	Messzeit [s]	Zulässige Abweichung	Nominal [mSv/h]	Actual [mSv/h]	Deviation [%]	Measuring time [s]	Tolerance limit	0,0800	0,0785	-1,8	60	-10% .. 10%	0,800	0,794	-0,8	30	-10% .. 10%	8,00	8,22	2,7	30	-10% .. 10%	80,0	80,5	0,6	20	-10% .. 10%
Sollwert [mSv/h]	Messwert [mSv/h]	Abweichung [%]	Messzeit [s]	Zulässige Abweichung																												
Nominal [mSv/h]	Actual [mSv/h]	Deviation [%]	Measuring time [s]	Tolerance limit																												
0,0800	0,0785	-1,8	60	-10% .. 10%																												
0,800	0,794	-0,8	30	-10% .. 10%																												
8,00	8,22	2,7	30	-10% .. 10%																												
80,0	80,5	0,6	20	-10% .. 10%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">Nuklid Nuclide</th> <th rowspan="2">Präparat Source</th> <th rowspan="2">Aktivität [Bq] Activity [Bq]</th> <th colspan="3">Efficiency [cps/Bq]</th> <th rowspan="2">Messzeit [s] Meas. time [s]</th> <th rowspan="2">Zul. Abweich. [%] Tol. limit [%]</th> </tr> <tr> <th>Sollwert Nominal</th> <th>Messwert Actual</th> <th>Abweich [%] Deviation [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alpha:</td> <td>Am-241</td> <td>XR6</td> <td>982</td> <td>0,130</td> <td>0,121</td> <td>-6,7</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Beta:</td> <td>Sr-90</td> <td>XR7</td> <td>1.082</td> <td>0,240</td> <td>0,283</td> <td>17,7</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>				Nuklid Nuclide	Präparat Source	Aktivität [Bq] Activity [Bq]	Efficiency [cps/Bq]			Messzeit [s] Meas. time [s]	Zul. Abweich. [%] Tol. limit [%]	Sollwert Nominal	Messwert Actual	Abweich [%] Deviation [%]	Alpha:	Am-241	XR6	982	0,130	0,121	-6,7	20	20	Beta:	Sr-90	XR7	1.082	0,240	0,283	17,7	20	20
	Nuklid Nuclide	Präparat Source					Aktivität [Bq] Activity [Bq]	Efficiency [cps/Bq]				Messzeit [s] Meas. time [s]	Zul. Abweich. [%] Tol. limit [%]																			
			Sollwert Nominal	Messwert Actual	Abweich [%] Deviation [%]																											
Alpha:	Am-241	XR6	982	0,130	0,121	-6,7	20	20																								
Beta:	Sr-90	XR7	1.082	0,240	0,283	17,7	20	20																								
<p>Nulleffekt [s-1] / Background [cps]</p> <p>Messwert / Value: 0,49 Minimum / Minimum : 0,30 Maximum / Maximum : 0,80</p>																																
<p>Abweichungen innerhalb zulässiger Toleranz / Deviation within the tolerance : Ja / Yes</p> <p>Überstrahlung in Ordnung / Overrange OK : Ja / Yes</p> <p>Alarmeintrag im Logbuch / Alarm entry in logbook : Ja / Yes</p>																																
<p>Prüfung gemäß Prüfanweisung für RadEye B20-ER / Test according to test instruction RadEye B20-ER. Kalibrierung gespeichert in Datei / Calibration is saved in File : ..\Kalibrierdaten\RadEye\42506-8510 RadEye B20-ER.cal</p>																																
<p>Unser Qualitätsmanagementsystem ist zertifiziert nach ISO 9001. Our quality management system has been certified according to ISO 9001.</p> <p>Die Kalibrierung ist rückführbar auf die nationalen Normale der PTB und NIST (über MRA-Statement für Kalibrierzertifikate). The calibration is traceable to the national standards of the PTB and NIST (via MRA statement for Calibration Certificates)</p>																																
Protokolldatum / Protocol date: Erlangen, 6. Juli 17 / July 6, 17		Unterschrift des Prüfers / Signature :  K. Janke																														

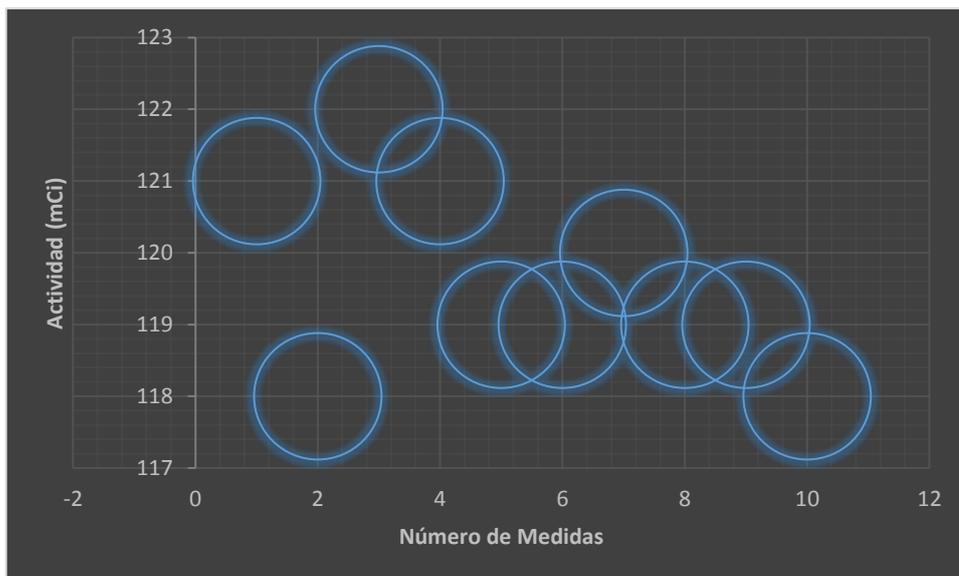
Anexo H.- Prueba de sensibilidad del detector Geiger Muller

Actividad (μCi) iodo- 131	Tasa de dosis ($\mu\text{Sv/h}$)
0,09	0,48
0,17	0,94
0,314	1,73
0,51	2,53
0,786	4
1,01	4,78
1,256	5,69
1,489	7,19
1,696	8,85
2,04	10,1
2,3	11
2,54	12,4



Anexo I.- Prueba de Precisión del Activímetro Atomlab™ 500.

Radioisótopo	Actividad (μCi)	Hora
Iodo-131	121	15:37
Iodo-131	118	15:38
Iodo-131	122	15:39
Iodo-131	121	15:40
Iodo-131	119	15:41
Iodo-131	119	15:42
Iodo-131	120	15:43
Iodo-131	119	15:44
Iodo-131	119	15:45
Iodo-131	118	15:46
Promedio	119,6	
Desviación estandar	1,34989712	



Anexo J.- Prueba de Estabilidad del Activímetro Atomlab™ 500

Fuente (Isótopo)	Fecha	Actividad medida (mCi) – (Serie1)	Actividad Teórica (mCi) – (Serie2)
Iodo-131	30-nov-2017	22.18	22.18
Iodo-131	01-dic-2017	20.34	20.34
Iodo-131	04-dic-2017	20.12	17.12
Iodo-131	05-dic-2017	15.70	15.71
Iodo-131	06-dic-2017	14.41	14.41
Iodo-131	07-dic-2017	13.21	13.22
Iodo-131	08-dic-2017	12.13	12.13
Iodo-131	11-dic-2017	9.36	9.36
Iodo-131	12-dic-2017	8.59	8.59
Iodo-131	13-dic-2017	7.87	7.88
Iodo-131	14-dic-2017	7.23	7.23
Iodo-131	15-dic-2017	6.61	6.63
Iodo-131	18-dic-2017	5.11	5.12
Iodo-131	19-dic-2017	4.69	4.69
Iodo-131	20-dic-2017	4.30	4.31
Iodo-131	21-dic-2017	3.94	3.95
Iodo-131	22-dic-2017	3.60	3.62
Iodo-131	25-dic-2017	2.79	2.80
Iodo-131	26-dic-2017	2.58	2.56
Iodo-131	27-dic-2017	2.26	2.35
Iodo-131	28-dic-2017	2.24	2.16
Iodo-131	29-dic-2017	1.97	1.98

