



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE FÍSICA**

**“IRRADIACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES (AGUJAS,  
MASCARILLAS Y BATAS) USADOS EN EL ÁREA DE LA  
MEDICINA CON LA FUENTE RADIATIVA DE URANIO-238 A  
DIFERENTES DOSIS PARA DETERMINAR LOS EFECTOS  
GENERADOS”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Integrador

Presentado para optar el grado académico de:

**BIOFÍSICO**

**AUTOR:** ADRIAN NIKOLAY MEZA VARGAS

**DIRECTORA:** Biof. VILMA NOHEMÍ YANCHAPANTA BASTIDAS Mgs.

Riobamba – Ecuador

2021

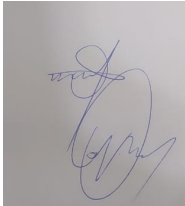
© 2021, Adrian Nikolay Meza Vargas

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

Yo, Adrian Nikolay Meza Vargas, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 4 de septiembre de 2021

A square image containing a handwritten signature in blue ink. The signature is stylized and appears to be the name of the author, Adrian Nikolay Meza Vargas.

**Adrian Nikolay Meza Vargas**

**C.I.: 0202100905**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE FÍSICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Integrador, **“IRRADIACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES (AGUJAS, MASCARILLAS Y BATAS) USADOS EN EL ÁREA DE LA MEDICINA CON LA FUENTE RADIATIVA DE URANIO-238 A DIFERENTES DOSIS PARA DETERMINAR LOS EFECTOS GENERADOS”**, realizado por el señor: **ADRIAN NIKOLAY MEZA VARGAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**



Firmado electrónicamente por:  
**MARIA FERNANDA  
HEREDIA MOYANO**

Biof. María Fernanda Herredia Moyano MSc  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

2021-09-16

**RICHARD  
WILLIAMS  
PACHACAMA  
CHOCA**

RICHARD WILLIAMS PACHACAMA CHOCA  
c=EC, serialNumber=06011801703,  
sn=PACHACAMA CHOCA, cn=RICHARD  
WILLIAMS PACHACAMA CHOCA,  
1.3.6.1.4.1.37460.10.4.49057021703,  
givenName=RICHARD WILLIAMS,  
email=pachacamawilliams@gmail.com,  
st=PROBANDA, j=CHIMBORAZO,  
ou=Certificado de Clase 2 de Personas Físicas  
EC, #1004

Dr. Richard Willians Pachacama Choca MSc  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

2021-09-16

**LUIS  
MARCELO  
CORTEZ  
BONILLA**

Firmado digitalmente por LUIS  
MARCELO CORTEZ BONILLA  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE INFORMACION  
ELECTRONICA, j=QUITO,  
serialNumber=0000497075, cn=LUIS  
MARCELO CORTEZ BONILLA  
Fecha: 2021.10.26 10:57:42 -05'00'

Mat. Luis Marcelo Cortez Bonilla MSc  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

2021-09-16

## **DEDICATORIA**

Primero quiero dedicar este trabajo, esfuerzo y dedicación a Dios, quien guía mis pasos cada día, a mis padres (Nikolay y Elsa) quienes me inspiran a ser mejor siempre, a mis hermanos (Paolo, Christian y Emilia) que me apoyan y me dan fuerzas para seguir adelante, a mis abuelitos (Olger, Magdalena, Jorge y Lilia) quienes han sido pilares fundamentales en mi vida pues ellos me han enseñado mucho a nivel personal y profesional con amor y paciencia.

A mi novia (Sandra) quien me apoyo en todo el proceso de la presente investigación, además de ser una gran persona que ha estado conmigo.

A mis tíos (Alex y Mary) quienes me acogieron en una nueva ciudad y fueron como unos padres para mí en toda mi vida universitaria.

Adrian Meza

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la carrera de Biofísica, pues aquí conocí maravillosos docentes en especialmente a mi tutora (Biof. Vilma Yanchapanta) pues ha sido un ejemplo de profesional, además de ser persona de muy buenos valores, agradezco a los técnicos docentes (Gabriela Ureña y Yolanda Buenaño) quienes me ayudaron en todo el transcurso de la presente investigación con sus conocimientos, al matemático Marcelo Cortez quien considero un excelente docente, a la Doctora Fernanda Herredia quien me apoyo en momentos difíciles de mi carrera.

Adrian Meza

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO .....	6
1.1. Esterilización.....	6
1.1.1. Nivel de Aseguramiento de Esterilidad.....	6
1.2. Radiación Ionizante.....	7
1.2.1. Clasificación de materiales con su interacción a la radiación ionizante .....	7
1.3. Fuente Radiactiva .....	9
1.3.1. Elementos Radiactivos que pueden emplearse como fuente y su clasificación ....	10
1.3.2. El Uranio .....	11
1.4. Conceptos y Teorías empleadas en la presente investigación .....	12
1.4.1. Dosis absorbida .....	12
1.4.2. Dosis Equivalente.....	12
1.4.3. Dosis Efectiva .....	13
1.4.4. Dosis Radio-Esterilizante .....	13
1.4.5. Exposición.....	13
1.4.6. Tasa de Exposición .....	14
1.4.7. Teorema de Reciprocidad .....	14
1.4.8. Geometría Fuente-objeto .....	16
1.4.9. Cultivo Microbiano.....	16
1.4.10. Caja Petri.....	16
1.4.11. Placas Rodac .....	17
1.4.12. Agar Nutritivo.....	17
1.4.13. Agua peptonada .....	17
1.4.14. Pipeta Automática .....	18
1.4.15. Asa de Drigalski.....	18

1.4.16.	Lámpara de Alcohol .....	18
1.4.17.	Autoclave .....	18
1.4.18.	Estufa Bacteriológica y de Cultivo .....	19
1.4.19.	Cabina de Seguridad Biológica.....	19
1.4.20.	Contador Geiger Exp .....	19
1.4.21.	Electrete.....	20
1.5.	Insumos Médicos a Irradiar .....	20
1.5.1.	Jeringas.....	20
1.5.2.	Batas Médicas .....	20
1.5.3.	Mascarillas .....	20
1.6.	Normativas para la Esterilización por Radiación.....	21
1.6.1.	Pautas para esterilización por radiación industrial de productos médicos desechables (cobalto-60 irradiación gamma) .....	21
1.6.2.	Norma ISO 11137-1 .....	24
1.7.	Técnicas empleadas en el Cultivo Microbiano .....	25
1.7.1.	Técnica de Cultivo Microbiano Tipo Contacto .....	25
1.7.2.	Técnica de Cultivo Microbiano Tipo Siembra en Superficie.....	26
1.8.	Bases Legales que sustentan la investigación .....	26
1.8.1.	Acuerdo Ministerial N°238.....	26
1.8.2.	OIEA Experience in Radiation Sterilization of Medical Products.....	27

## CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÒGICO .....	28
2.1.	Tipo de Investigación.....	28
2.2.	Diseño de la Investigación .....	28
2.2.1.	Diseño Experimental .....	28
2.2.2.	Localización de estudio .....	30
2.2.3.	Población de estudio .....	30
2.2.4.	Tamaño de la muestra .....	31
2.2.5.	Método de muestreo .....	31
2.2.6.	Técnicas de recolección de datos .....	31
2.2.7.	Análisis Estadístico Inferencial .....	31
2.3.	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria .....	31
2.3.1.	Fuente Radiactiva .....	31
2.3.2.	Contador Geiger Ranger Exp.....	32
2.3.3.	Autoclave .....	33



2.3.4.	Cabina de seguridad biológica.....	34
2.3.5.	Caja para irradiar y bandejas para muestras.....	34
2.3.6.	Electrete E-perm.....	35
2.4.	Técnicas para cultivo microbiano en pre y post irradiación insumos Médicos ...	36
2.4.1.	Agujas .....	36
2.4.2.	Batas.....	37
2.4.3.	Mascarillas .....	39

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>PRE-IRRADIACIÓN.....</b>	41
3.1.	<b>Datos De Insumos Médicos Pre-Irradiados.....</b>	41
3.1.1.	<b>Insumo Médico: Agujas .....</b>	41
3.1.2.	<b>Insumo Médico: Batas .....</b>	44
3.1.3.	<b>Insumo Médico: Mascarillas.....</b>	48
3.2.	<b>Cálculos para irradiación y Discusión .....</b>	52
3.3.	<b>Datos de Insumos Médicos Post-Irradiados .....</b>	53
3.3.1.	<b>Insumo médico Agujas .....</b>	53
3.3.2.	<b>Insumo Médico Batas Post-Irradiadas .....</b>	57
3.3.3.	<b>Insumo Médico: Mascarillas Post-Irradiadas.....</b>	60
3.4.	<b>Discusión de Cargas Microbianas en los Insumos Médicos.....</b>	64
3.4.1.	<b>Insumo Médico: Agujas .....</b>	64
3.4.2.	<b>Insumo Médico: Batas.....</b>	66
3.4.3.	<b>Insumo Médico: Mascarillas.....</b>	67

<b>CONCLUSIONES.....</b>	68
--------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	69
-----------------------------	----

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Valores en kGy para la desintegración microbiana .....	6
<b>Tabla 2-1:</b>	Lista de diferentes materiales que pueden llegar a ser irradiados a dosis equivalentes sin perder sus propiedades o alteraciones:.....	7
<b>Tabla 3-1:</b>	Toxicidad muy alta .....	10
<b>Tabla 4-1:</b>	Toxicidad alta .....	10
<b>Tabla 5-1:</b>	Toxicidad moderada .....	11
<b>Tabla 6-1:</b>	Toxicidad baja .....	11
<b>Tabla 7-1:</b>	Factores a controlar en un proceso seguro de esterilización.....	12
<b>Tabla 8-1:</b>	Información nutricional del agar (gramos por litro).....	17
<b>Tabla 9-1:</b>	Información nutricional del agua peptonada (gramos por litro).....	18
<b>Tabla 10-1:</b>	Ciclos habituales en el aparato de autoclave .....	19
<b>Tabla 1-2:</b>	Fuente de Uranio-238 .....	32
<b>Tabla 1-3:</b>	Conteo microbiológico de agujas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Siembra en Superficie .....	41
<b>Tabla 2-3:</b>	Conteo microbiológico de batas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto.....	45
<b>Tabla 3-3:</b>	Conteo microbiológico de mascarillas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto.....	48
<b>Tabla 4-3:</b>	Dosis arrojada según la ecuación (8), usando electretes. ....	52
<b>Tabla 5-3:</b>	Dosis absorbida medida a través de los electretes. ....	53
<b>Tabla 6-3:</b>	Conteo microbiológico de agujas usando la técnica de siembra en superficie.....	53
<b>Tabla 7-3:</b>	Conteo microbiológico de batas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto.....	57
<b>Tabla 8-3:</b>	Conteo microbiológico de mascarillas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Cadena de desintegración del U-238. ....	10
<b>Figura 2-1:</b>	Teorema de Reciprocidad de dos medios .....	14
<b>Figura 3-1:</b>	Ilustración del Teorema de Reciprocidad de dos medios por Mayncord.....	15
<b>Figura 4-1:</b>	Descripción de los diferentes polímeros que conforman materiales que constan en el área de medicina y la dosis que es aceptable .....	23
<b>Figura 1-2:</b>	Ilustración del diseño experimental .....	29
<b>Figura 2-2:</b>	Fuente Radiactiva.....	32
<b>Figura 3-2:</b>	Contador Geiger Exp .....	33
<b>Figura 4-2:</b>	Autoclave .....	33
<b>Figura 5-2:</b>	Estufa bacteriológica.....	34
<b>Figura 6-2:</b>	Cabina de seguridad biológica .....	34
<b>Figura 7-2:</b>	Caja para recibir muestras, con placas de acero para el depósito de la fuente radiactiva .....	35
<b>Figura 8-2:</b>	Electretes usados en nuestro experimento .....	35
<b>Figura 9-2:</b>	Preparación del agar para el cultivo microbiano.....	36
<b>Figura 10-2:</b>	Técnica de siembra en superficie .....	37
<b>Figura 11-2:</b>	Técnica de siembra en superficie .....	38
<b>Figura 12-2:</b>	Técnica de contacto en las placas Rodac .....	39
<b>Figura 13-2:</b>	Técnica de contacto, en las placas Rodac para mascarillas.....	39
<b>Figura 14-2:</b>	Placas Rodaac usando la técnica de contacto en cada mascarilla .....	40

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Modelación a seguir en el experimento.....	30
<b>Gráfico 1-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de agujas pre-irradiadas en un agar nutritivo. ....	44
<b>Gráfico 2-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de batas pre-irradiadas en un agar nutritivo. ....	48
<b>Gráfico 3-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de mascarillas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto .....	51
<b>Gráfico 4-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de agujas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de siembra en superficie.....	56
<b>Gráfico 5-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de batas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto .....	60
<b>Gráfico 6-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de mascarillas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto .....	64
<b>Gráfico 7-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de agujas en pruebas pre y post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Siembra en superficie.....	65
<b>Gráfico 8-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de batas en pruebas pre y post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto .....	66
<b>Gráfico 9-3:</b>	Interpretación del conteo microbiológico de mascarillas en pruebas pre y post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto .....	67

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1:</b>	Dosis Absorbida.....	12
<b>Ecuación 2-1:</b>	Exposición .....	13
<b>Ecuación 3-1:</b>	Tasa de Exposición .....	14
<b>Ecuación 4-1:</b>	Variación del Tiempos de Exposición .....	14
<b>Ecuación 5-1:</b>	Teorema de Mayncord .....	15
<b>Ecuación 6-1:</b>	Fluencia de Mayncord .....	15
<b>Ecuación 7-1:</b>	Kerma .....	15
<b>Ecuación 1-3:</b>	Cálculos de Dosis para electrete .....	52

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** NORMA ISO 11137, PARA IRRADIACIÓN POR DIFERENTES MÉTODOS
- ANEXO B:** PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL EXPERIMENTO
- ANEXO C:** ESTUDIO PREVIO REALIZADO SOBRE LA FUENTE RADIATIVA Y SUS ELEMENTOS QUE LO COMPONENTEN.
- ANEXO D:** IMÁGENES SOBRE EL ASEO DEL LUGAR DEL TRABAJO Y LA EXPERIMENTACIÓN

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, irradiar materiales usados en el área de la medicina (mascarillas, batas y agujas) con una fuente de Uranio-238, con el fin de observar los respectivos cambios microbiológicos que puedan suceder. Se utilizó la técnica ISO 11137-1, el manual de irradiación de la OEA “Pautas para esterilización por radiación industrial de productos médicos desechables (cobalto-60 irradiación gamma)”, y el software Solid Works para la creación de un diseño experimental que cumpla las necesidades requeridas. Se irradiaron a las muestras en tres fracciones de tiempo (20, 40, 60 minutos), y se verificó el cambio microbiológico que existe mediante un conteo pre y post-microbiológico usando la técnica de siembra en superficie para agujas y contacto en superficie para mascarillas y batas, obteniendo los siguientes resultados: En agujas para los primeros veinte minutos en agujas hubo una reducción de 13.21%, transcurrido los siguientes veinte minutos la reducción fue de 7.41% y finalmente fue de 14.71%. Las batas tuvieron una disminución del 11.43% en los primeros veinte minutos, seguido de una reducción del 80.56% y finalmente transcurrida una hora fue de 79.41%. Las mascarillas en los primeros veinte minutos se redujeron un 2.86%, posteriormente 74.70% para finalmente reducirse en un 92.27% concluyendo que la fuente radiactiva no llegó a una esterilización o disminución de microorganismos a los niveles que permite la ISO, pero se puede demostrar la viabilidad que tiene esta investigación en el campo de la radiación para posteriores trabajos, además se recomienda tener en consideración el aseo del lugar del trabajo para no tener falsas lecturas de microorganismos.

**Palabras clave:** <IRRADIACIÓN>, <AGUJA HIPODÉRMICA>, <BATAS DE LABORATORIO>, <MASCARILLA QUIRURGICA>, <DOSIS ABSORBIDA>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.10.21  
08:42:34 -05'00'



1933-DBRA-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The aim of this research work was to irradiate materials used in the medical field (masks, gowns, and needles) with a source of Uranium-238, to observe the respective microbiological changes that may occur. The ISO 11137-1 technique, the OAS irradiation manual "Guidelines for industrial radiation sterilization of disposable medical devices (cobalt-60 gamma irradiation)", and Solid Works software were used to create an experimental design that meets the required needs. The samples were irradiated in three-time fractions (20, 40, 60 minutes), and the microbiological change was verified by means of a pre- and post-microbiological count using the surface seeding technique for needles and surface contact for masks and gowns, obtaining the following results: In needles for the first twenty minutes there was a reduction of 13.21%, after the next twenty minutes the reduction was 7.41% and finally it was 14.71%. Gowns had a reduction of 11.43% in the first twenty minutes, followed by a reduction of 80.56% and finally after one hour it was 79.41%. The masks were reduced by 2.86% in the first twenty minutes, then by 74.70% and finally by 92.27%, concluding that the radioactive source did not sterilize or reduce microorganisms to the levels permitted by ISO, but the viability of this research in the field of radiation can be demonstrated for subsequent work, and it is also recommended that the cleanliness of the workplace be taken into consideration to avoid false readings of microorganisms.

**Keywords:** <IRRADIATION>, <HYPODERMIC GAUGE>, <GOWNS LABORATORY>, <SURGICAL MASK>, <ABSORBED DOSE>.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, tuvo como objetivo observar los efectos producidos por una fuente radiactiva de Uranio<sup>238</sup>, sobre el efecto microbiológico, y ver si se puede utilizar esta fuente como un método esterilizante donde se pueda obtener un control sobre ciertas poblaciones microbianas en algunos materiales utilizados en la medicina, específicamente en medios u objetos que deben estar estériles debido a su uso continuo.

La esterilización es un proceso a través del que se logra la destrucción total o parcial de ciertos microorganismos presentes en un determinado material, como, equipos quirúrgicos y otros materiales de uso médico con el propósito de reducir el riesgo de infecciones en pacientes. Además, del acondicionamiento en diversos tipos de materiales (pipetas, tubos, placas de Petri, pinzas, etc.) los cuales van a ser utilizados en los laboratorios de microbiología. La emisión y propagación de la energía radiactiva a través de un medio, puede ser utilizada como agente para la eliminación de virus y bacterias. De la misma manera, las radiaciones ionizantes se pueden utilizar para la esterilización de materiales termolábiles, como por ejemplo: materiales plásticos, y las radiaciones no ionizantes, como el uso de la luz ultravioleta, puede ser empleada en el control de áreas cerradas (Gutiérrez de Gamboa, 2001, p.10).

En la actualidad se está dando nuevos usos a las radiaciones ionizantes, como es el caso del manejo del Cobalto<sup>60</sup>, que emite una frecuencia gamma específica que mata a ciertos microorganismos, siendo su tiempo de exposición relativamente bajo, este estudio fue comprobado en 1886, cuando Roentgen comprobó este hecho con su trabajo en rayos X, posteriormente fue avanzando hasta 1889 gracias a Marie Curie y Pierre, donde realizaron experimentos en diferentes materiales para observar los efectos que producían las emisiones beta y gamma, no fue sino hasta 1929 cuando trabajos realizados por Lacassagne y Holwek permitieron la publicación de un artículo sobre la inactivación de bacterias por radiación (Daniel Luna Zaragoza, Lourdes Reyes Frías, 2003, pp.1-5).

Es en este punto, que este trabajo de integración curricular comienza a demostrar que se puede dar un uso pacífico a fuentes naturales radiactivas, además de ir abarcando ciertos conceptos básicos acerca de la aplicación de la radiación, generando así una conciencia social para los lectores y que sea de fácil comprensión para el público en general.

En el capítulo I se identifica el problema, además del marco teórico el cual nos dará una guía de conceptos básicos.

En el capítulo II, correspondiente al marco metodológico se muestra el diseño experimental, y el uso de los diferentes equipos y materiales para poder realizar el experimento.

En el capítulo III, se evalúa los resultados obtenidos en el trabajo de integración curricular, además de las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

## **Antecedentes**

La radiación es parte de nuestras vidas diarias, e inclusive existe un miedo a nivel general, debido a un desconocimiento en este campo, además en nuestro país específicamente no existe mucha investigación en esta área. Este campo es un entorno muy amplio y que está en constante crecimiento, sin contar de que la aplicación de esta rama hacia el campo de la medicina e industria es amplia y variada. En la época de los 70 se empezaba a dar un inicio sobre la esterilización en materiales médicos, alrededor del 10% de estos eran irradiados, pero en los 90 se vio un crecimiento notable de un 70%. Se sabe que el uso de radiación ha sido ampliamente variado a fármacos, materias primas e incluso ciertos dispositivos médicos, los cuales deben estar esterilizados antes del momento de su uso (Acosta y Andrade, 2008, p.180).

Un avance que se ha tenido en los últimos años gracias al avance de la esterilización por medio de radiación específicamente gamma, siendo empleado por los investigadores: Adriana Rincón, Rocío Herrero, José Rodríguez, Irene Molina y Matilde Alonso en el trabajo sobre “Influencia de la radiación gamma como método de esterilización sobre el polímero poli VPAVG (Valina-Prolina-Alanina-Valina- Glicina)” (2009), el cual es un polímero con propiedades elásticas, además de poder aprovechar la energía térmica en mecánica, es un polímero muy versátil pues es biodegradable con el agua, el presente trabajo tiene como objetivo analizar los cambios estructurales tanto caracteres físicos formados y las partículas que se pudieron formar al usar radiación gamma, concluyendo que se llegaron a presentar importantes características morfológicas entre los polímeros sin esterilizar y los esterilizados, principalmente a que el polímero esterilizado tiende a formar agregados con el tiempo, siendo más versátiles en su uso (Adriana C Rincón, Rocío Herrero, José Rodríguez, Matilde Alonso, 2009, p.10).

Otro uso que se le puede dar a la radiación es para el control de plagas, y cambios genéticos para mejorar ciertos productos, tal es el caso de varias semillas, los investigadores Pablo Álvarez, Álvaro Yépez, Emilio Basantes, Ángel Murillo y Eduardo Peralta (2011) pertenecientes a la Universidad de las fuerzas armadas ESPE, en conjunto con el Instituto Nacional Autónomo de Investigadores Agropecuarios (INIAP) realizaron la investigación denominada “Evaluación fenotípica de dos generaciones de plantas de arveja (*Pisum sativum* L.) provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma para identificar resistencia a *Ascochyta* spp.”, obteniendo como resultados que la dosis óptima para inducir a mutaciones fue de 120Gy; sin embargo no fue posible inducir a mutaciones que confieran resistencia a *Ascochyta* spp. debido a que esta característica es poligénica (Álvarez Erazo, 2013, pp.2-5).

Como se mencionó anteriormente la radiación se la emplea en varios campos tal es el caso del uso de la radiación ionizante en los alimentos permite la inhibición de organismos patógenos, los cuales degradan dichos alimentos y los exponen a condiciones de sanidad poco favorables, es por eso que mediante la exposición a ciertas dosis entre 0.3 kGy hasta 0.5kGy se obtiene un efecto

microbiológico específicamente sobre *Rubus Glaucus Benth* (mora de castilla) y *Fragaria Ananassa* (Frutilla) esta investigación fue corroborado por los biofísicos Lema Londo y Cushquicullma Colcha (2015) utilizando un acelerador de electrones (Lema Londo y Cushquicullma Colcha, 2015, p.50).

La fuente radiactiva que se empleara en nuestra investigación es la misma usada para descubrir los efectos biológicos en sangre periférica, fue efectiva para obtener ciertos niveles de dosis que permitan el análisis de radicales libres producto de la radiólisis del agua, al reaccionar con el ADN de la sangre, empleada por la investigadora Valeria Chiluiza (2020), teniendo de esta manera un manual sobre el buen uso de la fuente (Chiluiza Solórzano, 2020, p.18).

### **Planteamiento del Problema**

En Ecuador, tras la llegada del virus SARS-CoV el cual es el agente patógeno causante de la enfermedad conocida como COVID-19, se ha constatado una estructura sanitaria frágil pues, para la fecha del 30 de marzo del 2020 se habían encontrado 1962 casos confirmados, hasta el 15 de octubre se pudieron contabilizar acerca de 150 360 casos, evidenciando de esta manera una tasa de contagio creciente, si miramos desde un punto de vista introspectivo, pues aún nos quedan muchos meses más de convivencia con dicho virus, pudiendo generar un aumento de casos. Provocando así más gastos en insumos médicos (Guerrero, 2020, p.5). Lo que se podría disminuir si se esterilizaran dichos materiales con fuentes radiactivas siempre teniendo en cuenta el tiempo de exposición pues aquí es imprescindible para evitar cualquier tipo de lesiones a futuro.

La esterilización ha ido variando durante muchos años pues a principios del siglo la asepsia médica o bien conocida como esterilización se la realizaba mediante procesos físicos clásicos (temperatura elevada, humedad, etc.) además de usarse procesos químicos (alcohol al 70% o fenol), cabe recalcar que inclusive estos procesos son usados hoy en día, tenemos que considerar que para esterilizar cualquier material por estas dos vías, se lo realiza directamente, es decir, sin un envase protector, sin embargo a mediados del siglo 70 se empezaba a observar un creciente desarrollo en la radiación especialmente en sus efectos biológicos, pues para esterilizar por este medio a diferencia de los métodos anteriores este lo hacía en “frío” por así decirlo pues no cambiaba la temperatura del material, también se podía irradiar de forma indirecta, con su envase protector, siendo más útil en el área industrial pues al momento de envasarlos en plástico herméticamente cerrado lo podían realizar de forma directa, provocando que van a ser manipulados o abiertos solo una vez por el usuario países técnicamente avanzados son procesos ya arraigados, existiendo plantas de esterilización en países como: Estados Unidos, Canadá, Australia y Países de Europa, mientras que en países en proceso de desarrollo están considerando implementarlos como: Egipto, Sudan , Filipinas, India, Corea del Sur y Hungría, en cambio, en países como Latinoamérica, se realizan programas de capacitación del personal técnico,

investigaciones sobre radioquímica, radiobiología y dosimetría, solo en ciertos países de este continente se tiene planificado instalar estas plantas (Mukherje, 1991, p.29).

Por lo antes mencionado, se propone este trabajo de integración curricular que servirá como indicador de cómo realizar esterilización por Irradiación específicamente en instrumentos médicos (batas, agujas para jeringas y mascarillas), para poder así ayudar al personal médico con técnicas que son usadas en países avanzados debido a su eficacia.

### **Justificación**

Es indispensable en este punto, que varias instituciones dedicadas a la investigación como la “Academia de Ciencias del Ecuador” (AEC), junto a grupos de investigación consolidados, trabajen estrechamente con el estado, para poder generar de esta forma una respuesta más eficaz sobre la contención de esta pandemia, esto respaldado por la OMS con respecto a la formación de Centros de Operaciones de Emergencia (COE) para la toma de decisiones sanitarias (Guerrero, 2020).

La investigación presenta notabilidad, debido a que actualmente los países más avanzados presentan una mejor calidad de vida y esto es gracias a la mejora de su sistema de salud, pues países avanzados como Estados Unidos, China, Alemania y otros países de Europa, utilizan insumos médicos esterilizados e individuales no reutilizables, cabe recalcar que en estos países se ha dejado de usar prácticamente los métodos tradicionales reutilizables, generando así un tiempo precioso, para que el personal de la salud puedan atender con mayor eficacia y con más rapidez a las personas que requieran cuidado.

La viabilidad económica de este proyecto también es positiva pues la fuente radiactiva que vamos a utilizar se encuentra en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), el montaje del experimento es de forma experimental, la podemos hacer con la ayuda de los respectivos técnicos y docentes que laboran en la Escuela de Física y Matemática además de la Escuela de Ciencias Químicas, para realizar respectivamente el conteo microbiológico, teniendo así una precisión sobre los elementos manipulados (agujas, batas y mascarillas), para poder ver así los efectos que podrían ocurrir al irradiar dichos insumos médicos, dándole un uso más al Uranio y no verlo como un desecho radiactivo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Irradiar diferentes materiales (agujas, mascarillas y batas) con la fuente radiactiva a diferentes dosis para determinar los efectos biológicos generados.

### **Objetivos Específicos**

- Exponer a la fuente radiactiva diferentes materiales usados en el área médica principalmente en ciertos equipos (agujas) y los polímeros sintéticos (batas, mascarillas).
- Estimar la tasa de dosis, a diferentes tiempos.
- Determinar si la fuente radiactiva es factible para la esterilización de insumos médicos.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Esterilización

Se trata de la destrucción completa de todos los microorganismos incluidas sus formas resistentes (esporas), que puedan existir en la superficie o grosor de cualquier objeto. La esterilización tiende a ser una situación ideal más que una realidad, considerándose estéril cuando el número de bacterias vivas se reduce a una parte por millón (Reguero, 2003, p.20).

#### 1.1.1. Nivel de Aseguramiento de Esterilidad

El término “estéril” es un término general, pues para referirnos al grado de purificación que posee un material vamos a emplear la expresión *SAL* (*Sterility Assurance Level*), “Nivel de Aseguramiento de Esterilidad”. Básicamente lo que consiste el *SAL* por radiación, es en exponer los materiales que deseamos esterilizar a radiación ionizante al nivel de *SAL* que se precise nivelar, considerando que  $1 \times 10^{-4}$  *SAL*, que quiere decir que la probabilidad de encontrar una sola unidad que pueda conformar una colonia bacteriana es de 1 en 10,000 ítems, estos son niveles estandarizados aceptables. De hecho la radiación gamma al ser más penetrante puede lograr incluso niveles de  $1 \times 10^{-6}$  *SAL*, es decir ahora la probabilidad de encontrar una unidad es de 1 en 1,000,000 (Radiación: y Técnico-operacionales, 2017, p.2).

Vamos a utilizar una expresión D10, el cual es un factor de reducción decimal y se define como la dosis requerida para reducir en un 90% una población de microbios. Utilizando como referencia a continuación los siguientes microorganismos:

**Tabla 1-1:** Valores en kGy para la desintegración microbiana

MICROORGANISMOS	VALORES D10 (kGy)
E. Coli	0.2 - 0.4
Salmonella	0.4 - 0.8
Estafilococo	0.4 - 0.9
Pseudomonas	0.1
Clostridios (Esporas)	1.4 - 6.0
Estreptococo	0.9 - 1.2

**Fuente:** (Radiación: y Técnico-operacionales, 2017).

**Realizado por:** Meza Adrian, 2021.

## 1.2. Radiación Ionizante

Las radiaciones ionizantes generalmente se caracterizan por su capacidad para excitar e ionizar átomos de materia con los que interactúan. Dado que la energía necesaria para hacer que un electrón de valencia escape de un átomo es del orden de 4-25 eV, las radiaciones deben llevar energías cinéticas o cuánticas en exceso de esta magnitud para denominarse "ionizantes" (ATTIX, 1979, pp.230-233).

Si bien la radiación ionizante puede ser perjudicial, también tiene muchas aplicaciones beneficiosas. El uranio radiactivo genera electricidad en centrales nucleares instaladas en muchos países. En medicina, los rayos X permiten obtener radiografías para el diagnóstico de lesiones y enfermedades internas. Los médicos especializados en medicina nuclear utilizan material radiactivo como trazadores para formar imágenes detalladas de estructuras internas y estudiar el metabolismo. En la actualidad se dispone de radiofármacos terapéuticos para tratar trastornos como el hipertiroidismo y el cáncer. Los físicos-médicos utilizan en radioterapia rayos gamma, haces de piones, haces de electrones, neutrones y otros tipos de radiación para tratar el cáncer. Los ingenieros emplean material radiactivo en la operación de registro de pozos petrolíferos y de igual manera para medir la densidad de la humedad en los suelos. Los radiólogos industriales se valen de rayos X en el control de calidad para observar las estructuras internas de aparatos fabricados. Las señales de las salidas de edificios y aviones contienen tritio radiactivo para que brillen en la oscuridad en caso de fallo de la energía eléctrica. Muchos detectores de humo en viviendas y edificios comerciales contienen americio radiactivo (Cherry et al. 2010, p.46).

### 1.2.1. Clasificación de materiales con su interacción a la radiación ionizante

Se tiene que considerar los materiales que vamos a irradiar pues no todos tienen los mismos efectos, generalmente los metales permiten ser irradiados entre los 10 a 100 kGy sin perder sus propiedades características, sin embargo, existen otros que se alteran provocando los siguientes cambios como se ve en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Lista de diferentes materiales que pueden llegar a ser irradiados a dosis equivalentes sin perder sus propiedades o alteraciones:

MATERIAL	<50 kGy	OBSERVACIONES	<100 kGy
<b>TERMOPLÁSTICOS</b>			
Acrilonitrilo butadieno estireno	Bueno	Los grados de alto impacto no son tan radiantes, como impacto estándar, debido a que posee butadieno.	Probable
<b>FLUOROPOLÍMEROS</b>			

Politetrafluoroetileno (PTFE)	Pobre	Cuando irradiamos (PTFE) y (PFA) estos son significativamente daños	No es probable
Perfluoro alcoxi	Pobre		No es probable
Policlorotrifluoroetileno (PCTFE)	Buena a Excelente		Probable
fluoruro de polivinilo (PVF)	Bueno		Probable
Poliacetales	Pobre	La irradiación provoca una escisión significativa de la cadena	No es probable
Poliamidas	Mediocre a Bueno	La película y la fibra de nailon son menos resistentes.	Probable
Policarbono	Bueno a Excelente	Existe radiación por coloración en este caso, siendo el amarillo el menos afectado	Probable
Poliésteres saturados	Mediocre a Bueno	El polietileno es estable a la radiación	Probable
Polietileno (PE)	Bueno a Excelente	El polietileno de alta densidad no es tan estable como el de densidad media y baja	Probable
<b>POLIPROPILENO</b>			
Natural	Pobre a Mediocre	Las propiedades físicas se reducen en gran medida cuando se irradia. (corte de cadena).	No probable
Estabilizado	Mediocre a Bueno		No probable
Poliestireno (PS)	Excelente	Se tornara de color amarillo en menos de 50 kGy	Probable
<b>TERMOENDURECIBLES</b>			
Resina Epoxídica	Excelente		Probable
Fenoles	Excelente	Incluye la adición de minerales aditivos	Probable
Poliéster Insaturado	Excelente	Incluye la adición de minerales de vidrio aditivos	Probable
Polí midas	Excelente		Probable
<b>ADHESIVOS</b>			
Acrílico	Mediocre a Bueno	Posible abrillantamiento	Probable
Silicona	Mediocre a Bueno		Probable
<b>ELASTÓMEROS</b>			



Butilo	Pobre	Arroja partículas	No probable
Caucho natural	Bueno a Excelente		Probable
<b>METALES</b>			
Aluminio	Excelente		Probable
Lata	Excelente		Probable
Oro	Excelente		Probable
Cobre	Excelente		Probable
Magnesio	Excelente		Probable
Níquel	Excelente		Probable
Acero	Excelente		Probable
Plata	Excelente		Probable
Titanio	Excelente		Probable
<b>CERÁMICA/VIDRIOS</b>			
Oxido de aluminio	Excelente		Probable
Silicio	Excelente		Probable
Oxido de zirconio	Excelente		Probable
<b>OTROS MATERIALES</b>			
Celulosa de éster	Mediocre	Esteres se degradan más rápido en celulosa	No probable
Poli acetaldehídos	Mediocre a Excelente		No probable

Fuente:.(Solutions, 2018).

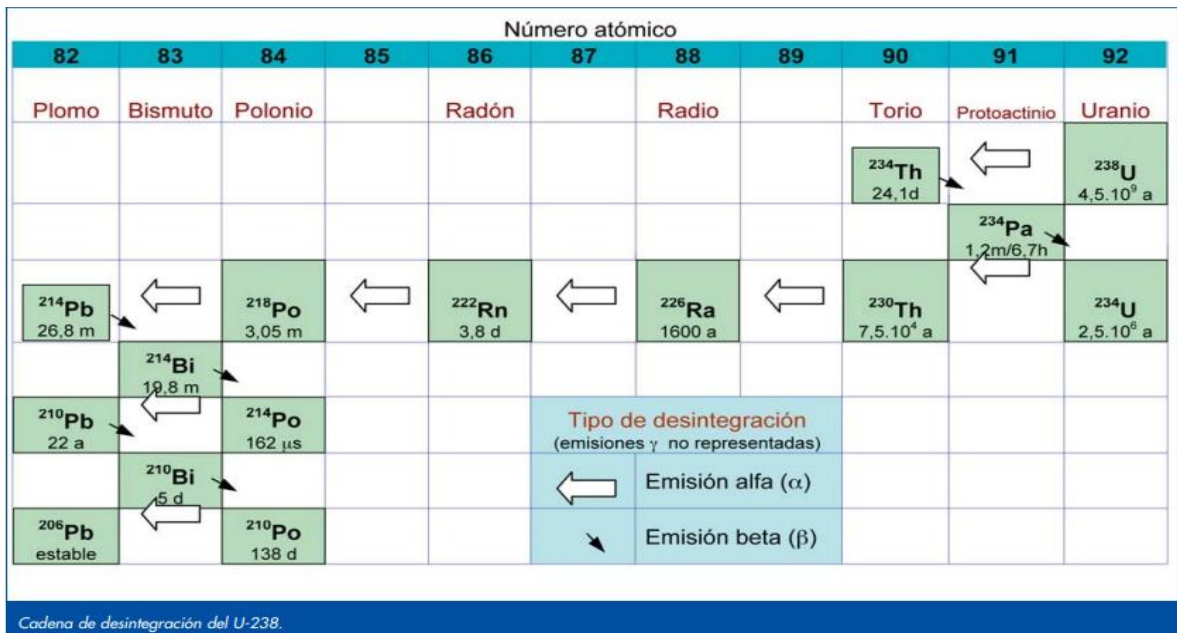
Realizado por: Meza Adrian, 2021.

### 1.3. Fuente Radiactiva

La fuente radiactiva que vamos a utilizar es Uranio-238 en su mayoría, este elemento es uno de los más pesados de origen natural, el Uranio sin enriquecer está constituido de tres elementos principalmente: Uranio-234 (0.005%), Uranio-235 (0.71%) y Uranio-238 (99,285%). La fuente radiactiva no es cien por ciento Uranio-238, esto debido a que existe una reacción en cadena y además de fisión, la fuente radiactiva fue expuesta a un estudio isotópico el cual demostró que el periodo de desintegración del Uranio-235 es mucho mayor que el Uranio-238, produciendo así elementos químicos descendientes del Plutonio, es por esta razón que nuestra fuente radiactiva en forma de roca natural está compuesta de varios elementos.

Actualmente el Uranio-235 es de principal uso, debido a que se lo utiliza como combustible principal para plantas nucleares, además del uso militar que posee, produciendo un excedente, el Uranio-238 y otros productos de fisión como es el Plutonio, en países desarrollados que ocupan

este tipo de energía, por lo general suelen enterrar estos productos, siendo un problema para el medio ambiente (Bauer, 2005, p.6).



**Figura 1-1.** Cadena de desintegración del U-238.

Fuente: Bauer, G. 2005.

### 1.3.1. Elementos Radiactivos que pueden emplearse como fuente y su clasificación

No todas las fuentes radiactivas son tóxicas, a continuación, vamos a mostrar la clasificación de los radio-nucleídos por la radio-toxicidad relativa de una unidad de actividad.

**Tabla 3-1:** Toxicidad muy alta

$^{210}\text{Pb}$	$^{210}\text{Po}$	$^{223}\text{Ra}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$	$^{227}\text{Ac}$	$^{227}\text{Th}$	$^{228}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}$	$^{231}\text{Pa}$
$^{230}\text{U}$	$^{232}\text{U}$	$^{233}\text{U}$	$^{234}\text{U}$	$^{237}\text{Np}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{239}\text{Pu}$	$^{240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Pu}$	$^{242}\text{Pu}$
$^{241}\text{Am}$	$^{243}\text{Am}$	$^{242}\text{Cm}$	$^{243}\text{Cm}$	$^{244}\text{Cm}$	$^{245}\text{Cm}$	$^{246}\text{Cm}$	$^{249}\text{Cm}$	$^{250}\text{Cf}$	$^{252}\text{Cf}$

Fuente:(Cherry et al., 2010).

Realizado por: Meza, Adrian, 2021.

**Tabla 4-1:** Toxicidad alta

$^{22}\text{Na}$	$^{36}\text{Cl}$	$^{45}\text{Ca}$	$^{46}\text{Sc}$	$^{54}\text{Mn}$	$^{56}\text{Co}$	$^{60}\text{Co}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{91}\text{Y}$
$^{95}\text{Zr}$	$^{106}\text{Ru}$	$^{110}\text{Ag}^m$	$^{115}\text{Cd}^m$	$^{114}\text{In}^m$	$^{124}\text{Sb}$	$^{125}\text{Sb}$	$^{127}\text{Te}^m$	$^{129}\text{Te}^m$	$^{124}\text{I}$
$^{126}\text{I}$	$^{131}\text{I}$	$^{133}\text{I}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$	$^{144}\text{Ce}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{154}\text{Eu}$	$^{160}\text{Tb}$
$^{170}\text{Tm}$	$^{181}\text{Hf}$	$^{210}\text{Bi}$	$^{182}\text{Ta}$	$^{192}\text{Ir}$	$^{204}\text{Tl}$	$^{207}\text{Bi}$	$^{230}\text{Pa}$	$^{211}\text{At}$	$^{212}\text{Pb}$
$^{224}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ac}$	$^{234}\text{Th}$	$^{236}\text{U}$	$^{249}\text{Bk}$					

Fuente:(Cherry et al., 2010).

Realizado por: Meza, Adrian, 2021

**Tabla 5-1: Toxicidad moderada**

<sup>7</sup> Be	<sup>14</sup> C	<sup>18</sup> F	<sup>24</sup> Na	<sup>38</sup> Cl	<sup>31</sup> Si	<sup>32</sup> P	<sup>43</sup> K	<sup>47</sup> Sc	<sup>48</sup> Sc
<sup>48</sup> V	<sup>51</sup> Cr	<sup>52</sup> Mn	<sup>56</sup> Mn	<sup>57</sup> Co	<sup>53</sup> Ni	<sup>65</sup> Ni	<sup>64</sup> Cu	<sup>65</sup> Zn	<sup>69</sup> Zn <sup>m</sup>
<sup>72</sup> Ga	<sup>77</sup> As	<sup>82</sup> Br	<sup>85</sup> Kr <sup>m</sup>	<sup>87</sup> Kr	<sup>86</sup> Rb	<sup>85</sup> Sr	<sup>91</sup> Sr	<sup>97</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb
<sup>99</sup> Mo	<sup>96</sup> Tc	<sup>97</sup> Tc <sup>m</sup>	<sup>97</sup> Tc	<sup>99</sup> Tc	<sup>105</sup> Rh	<sup>109</sup> Pd	<sup>105</sup> Ag	<sup>111</sup> Ag	<sup>109</sup> Cd
<sup>115</sup> Cd	<sup>115</sup> In <sup>m</sup>	<sup>125</sup> Te <sup>m</sup>	<sup>129</sup> Te	<sup>131</sup> Te <sup>m</sup>	<sup>132</sup> Te	<sup>130</sup> I	<sup>132</sup> I	<sup>134</sup> I	<sup>136</sup> Cs
<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>143</sup> Ce	<sup>142</sup> Pr	<sup>147</sup> Nd	<sup>151</sup> Sm	<sup>152</sup> Eu	<sup>155</sup> Eu	<sup>153</sup> Gd	<sup>159</sup> Gd
<sup>165</sup> Dy	<sup>166</sup> Dy	<sup>171</sup> Tm	<sup>177</sup> Lu	<sup>181</sup> W	<sup>185</sup> W	<sup>187</sup> W	<sup>183</sup> Re	<sup>186</sup> Re	<sup>193</sup> Os
<sup>190</sup> Ir	<sup>195</sup> Ir	<sup>191</sup> Pt	<sup>193</sup> Pt	<sup>197</sup> Pt	<sup>196</sup> Au	<sup>197</sup> Hg <sup>m</sup>	<sup>203</sup> Hg	<sup>200</sup> Tl	<sup>201</sup> Tl
<sup>202</sup> Tl	<sup>203</sup> Pb	<sup>206</sup> Bi	<sup>231</sup> Th	<sup>233</sup> Pa	<sup>239</sup> Np	<sup>35</sup> S	<sup>41</sup> A	<sup>42</sup> K	<sup>52</sup> Fe
<sup>55</sup> Fe	<sup>59</sup> Fe	<sup>73</sup> As	<sup>74</sup> As	<sup>76</sup> As	<sup>90</sup> Y	<sup>92</sup> Y	<sup>93</sup> Y	<sup>97</sup> Ru	<sup>103</sup> Ru
<sup>105</sup> Ru	<sup>113</sup> Sn	<sup>125</sup> Sn	<sup>122</sup> Sb	<sup>135</sup> I	<sup>135</sup> Xe	<sup>131</sup> Cs	<sup>149</sup> Nd	<sup>147</sup> Pm	<sup>149</sup> Pm
<sup>166</sup> Ho	<sup>169</sup> Er	<sup>171</sup> Er	<sup>188</sup> Re	<sup>185</sup> Os	<sup>191</sup> Os	<sup>198</sup> Au	<sup>199</sup> Au	<sup>197</sup> Hg	<sup>212</sup> Bi
<sup>220</sup> Rn	<sup>222</sup> Rn								

Fuente:(Cherry et al., 2010).

Realizado por: Meza, Adrian, 2021.

**Tabla 6-1: Toxicidad baja**

<sup>37</sup> A	<sup>58</sup> Co <sup>m</sup>	<sup>59</sup> Ni	<sup>69</sup> Zn	<sup>71</sup> Ge	<sup>85</sup> Kr	<sup>85</sup> Sr <sup>m</sup>	<sup>87</sup> Rb	<sup>3</sup> H	<sup>150</sup>
<sup>91</sup> Y <sup>m</sup>	<sup>93</sup> Zr	<sup>97</sup> Nb	<sup>96</sup> Tc <sup>m</sup>	<sup>99</sup> Tc <sup>m</sup>	<sup>103</sup> Rh <sup>m</sup>	<sup>133</sup> In <sup>m</sup>	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> Xe <sup>m</sup>	<sup>133</sup> Xe
<sup>134</sup> Cs <sup>m</sup>	<sup>135</sup> Cs	<sup>147</sup> Sm	<sup>187</sup> Re	<sup>191</sup> Os <sup>m</sup>	<sup>193</sup> Pt <sup>m</sup>	<sup>197</sup> Pt <sup>m</sup>	<sup>232</sup> Th	<sup>235</sup> U	<sup>238</sup> U
natU	natTh								

Fuente:(Cherry et al., 2010).

Realizado por: Meza, Adrian, 2021.

### 1.3.2. El Uranio

El uranio de número másico 238 es el isótopo más abundante en la naturaleza (99,2%), es un emisor alfa, de un periodo muy largo ( $4.5 \times 10^9$ ) años. Mediante la emisión de una partícula alfa (dos protones y dos neutrones) se obtiene el Th-234 de periodo de semidesintegración de 24.10 días, luego de una desintegración beta (electrón y positrón) se obtiene el Pa-234 con vida media de (6.75 horas), tras otra desintegración beta el U-234 de periodo muy largo ( $2.45 \times 10^5$ ) años. Después de una desintegración alfa se obtiene el Th-230 de periodo de desintegración ( $8 \times 10^4$ ) años, el cual emite una partícula alfa transformándose en Ra-226 de vida media (1600 años) luego decae en Rn-222 con periodo de vida media (3.824 días). Sus descendientes de vida media corta son: Po-218, Pb-214, Bi-214 y polonio 214, hasta que después de varias desintegraciones alfa y beta se estabiliza en Pb-206 (Barros Dios, 2011, p.28).

**Tabla 7-1:** Factores a controlar en un proceso seguro de esterilización

<b>FACTOR</b>	<b>AUTO CLAVE</b>	<b>RADIACION GAMMA</b>	<b>OXIDO DE ETILENO GASEOSO</b>
<b>TIEMPO</b>	SI	SI	SI
<b>TEMPERATURA</b>	SI	NO	SI
<b>PRESIÓN</b>	SI	NO	SI
<b>VACÍO</b>	SI	NO	SI
<b>CONCENTRACIÓN (DIFUSIÓN)</b>	SI	NO	SI
<b>ENVOLTURA</b>	SI	NO	SI
<b>HUMEDAD</b>	NO	NO	SI

Fuente: (Mukherje, 1991).

Realizado por: Meza, Adrian, 2021.

## 1.4. Conceptos y Teorías empleadas en la presente investigación

### 1.4.1. Dosis absorbida

La dosis absorbida es relevante para todo tipo de campos de radiación ya sea ionizante directamente o indirectamente al igual que cualquier fuente de radiación ionizante distribuido dentro del medio absorbente. Puede ser definido en términos de una cantidad estocástica “energía impartida por radiación ionizante a un material de volumen V y masa m” (ATTIX, 1979, p.300), donde:

*Ecuación 1-1: Dosis Absorbida*

$$\epsilon = (R_{in})_u - (R_{out})_u + (R_{in})_c - (R_{out})_c + \Sigma$$

Fuente:(ATTIX, 1979, p.300).

Donde,  $(R_{in})_u$  es la energía radiante que ingresa al objeto de volumen “V” sin cargar,  $(R_{out})_u$  es la energía radiante que sale del objeto sin cargar,  $(R_{in})_c$  es la energía radiante que ingresa en el objeto cargada,  $(R_{out})_c$  es la energía radiante que sale del objeto cargada mientras que  $\Sigma Q$ , son la aniquilación o creación de pares que se puedan generar a lo largo del trayecto.

### 1.4.2. Dosis Equivalente

Los estudios radiobiológicos han demostrado que, para el mismo valor de dosis absorbida, el daño biológico es diferente según la radiación incidente. Por ejemplo, para la misma dosis absorbida,

las partículas alfa o neutrones producen un daño biológico mayor que los rayos X o la radiación gamma. (Andisco, Blanco y Buzzi, 2014). Según el Sistema Internacional, su unidad es Sv, que se distingue de la dosis absorbida para mostrar que se considera el daño biológico. La dosis equivalente es el principal indicador de protección radiológica porque especifica el límite de radiación de los trabajadores ocupacionales expuestos (Ramos N y Villarreal U, 2013, p.10).

#### **1.4.3. Dosis Efectiva**

La posibilidad de efectos aleatorios en un determinado órgano o tejido depende no solo de la dosis equivalente recibida por el órgano o tejido, sino también de la sensibilidad a la radiación del órgano irradiado (Andisco, Blanco y Buzzi, 2014, p.114). Hay que considerar que nosotros no vamos a irradiar órganos sino microorganismos.

#### **1.4.4. Dosis Radio-Esterilizante**

Primero tenemos que considerar que matemáticamente nunca vamos a llegar a una esterilización absoluta lo que podemos hacer es llegar a una aproximación. Entonces básicamente esto significa que la dosis radio-esterilizante es el número de valores D (factor de reducción) necesarios para obtener un material certificado como estéril (Radiación: y Técnico-operacionales, 2017, p.5).

La radio-esterilización se basa en la aplicación de radiación ionizante de una fuente de radioisótopos que emite rayos gamma o haces de electrones de alta energía. En el pasado, se utilizaba como dosis absorbida de referencia 25 kGy. La dosis preseleccionada debe verificarse mediante experimentos; en muchos casos, se recomienda que, la dosis sea menor o mayor que la dosis de referencia depende de las características del material, el grado de contaminación del producto y el factor de seguridad de esterilidad buscado (ANMAT, 2014, p.620).

#### **1.4.5. Exposición**

A la exposición se lo suele asignar la letra “X”, y es básicamente el cociente entre dQ por dm, donde dQ es el valor absoluto de la carga de los iones totales de un signo producidos en el aire, cuando todos los electrones (negatrones y positrones) producto de los fotones en el aire de masa dm se detienen en el aire (ATTIX, 1979, p.300), entonces:

*Ecuación 2-1: Exposición*

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Fuente:(ATTIX, 1979, p.300).

### 1.4.6. Tasa de Exposición

Es la exposición en un punto “p”, tomando en cuenta un tiempo “t”, usando el concepto de Exposición variando el tiempo tenemos la siguiente expresión (ATTIX, 1979, p.300).

*Ecuación 3-1: Tasa de Exposición*

$$X = \int_{t_0}^{t_i} \dot{x}(t) dt$$

Fuente:(ATTIX, 1979, p.300).

Ahora hay que considerar lo siguiente si vamos a variar el tiempo:

*Ecuación 4-1: Variación del Tiempos de Exposición*

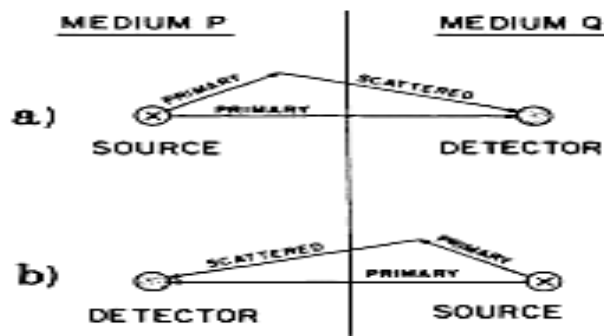
$$X = \dot{X}(t_1 - t_0)$$

Fuente:(ATTIX, 1979, p.p. 300-301).

En el presente trabajo la exposición toma un papel fundamental debido que este va a ser la única variable independiente para llevar en cuenta, pues la distancia, material, y dosis son parámetros que vamos a establecer al momento de realizar el proyecto.

### 1.4.7. Teorema de Reciprocidad

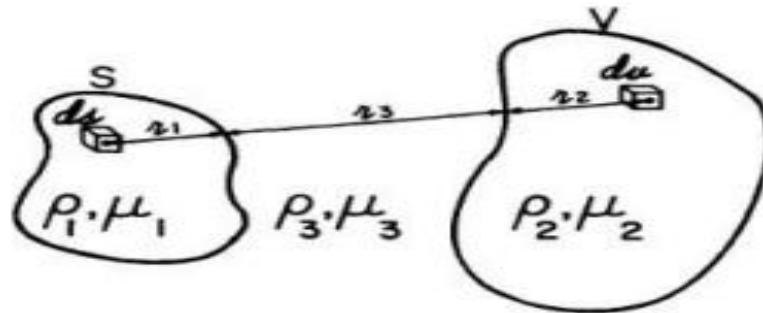
Este teorema dice que, al invertir las posiciones de un detector de punto y una fuente puntual dentro de un medio homogéneo infinito, no cambia la cantidad de radiación detectado. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 2-1. Si suponemos que los medios P y Q son idénticos, entonces claramente no importa si los rayos van de izquierda a derecha o viceversa en las trayectorias de las imágenes especular (ATTIX, 1979, p.300).



**Figura 2-1.** Teorema de Reciprocidad de dos medios

Fuente: Attix, F. 1979, p.300.

Si P y Q son diferentes con respecto a sus propiedades de dispersión y/o atenuación, la transmisión de rayos primarios sigue siendo la misma, izquierda o derecha. Sin embargo, la generación y/o transmisión de un rayo disperso como el que se muestra en la figura 1-1a, frente a b puede diferir. Una convención que podemos resaltar de este teorema es su funcionalidad tanto con fuentes mono-energéticas y también para multi-energéticas (ATTIX, 1979, p.300). A continuación, visualizaremos una figura donde existe una distancia que separa la región, tanto de la fuente y al detector, por medios diferentes en la figura 3-1:



**Figura 3-1.** Ilustración del Teorema de Reciprocidad de dos medios por Mayncord  
**Fuente:** Attix, F. 1979, p.301.

Considere ahora un elemento de volumen  $dv$  en  $V$ , a una distancia  $r_1 + r_2 + r_3 = r$  lejos de  $ds$ . Si no hubiera atenuación, la fluencia de fotones  $\Phi$  en  $dv$  para un tiempo de irradiación de  $\Delta t$  (segundos) sería:

*Ecuación 5-1: Teorema de Mayncord*

$$\phi = \frac{dA \Delta t}{4\pi r^2} \left( \frac{pho}{m^2} \right)$$

**Fuente:**(ATTIX, 1979, p.p. 300-301).

Entonces la fluencia de energía vendría de la siguiente manera:

*Ecuación 6-1: Fluencia de Mayncord*

$$\psi = 1.602 \times 10^{-13} \phi E \quad \left( \frac{J}{m^2} \right)$$

**Fuente:**(ATTIX, 1979, p.p. 300-301).

Dando una colisión del Kerma en  $dv$  de:

*Ecuación 7-1: Kerma*

$$K_c = \psi \left( \frac{u_{en}}{\rho} \right)_{E,V} \quad \left( \frac{J}{kg} \right)$$

**Fuente:**(ATTIX, 1979, p.301).

Debemos considerar que, en esta relación, aunque exacta solo en un medio homogéneo infinito, o para la radiación primaria, es, sin embargo, prácticamente útil en el cálculo de la dosis interna debida a fuentes distribuidas en el cuerpo.

#### **1.4.8. Geometría Fuente-objeto**

La geometría fuente-objeto, es un concepto que se usa al momento de realizar el experimento pues hace referencia a la distribución de energía radiante emitida desde la fuente y el objeto a irradiar, el cual por lo general suele ser colocado en un portaobjetos o cámara de cristal dependiendo de nuestras necesidades. La geometría intenta percibir de forma matemática una aproximación de la trayectoria que podría tomar la radiación y como aprovecharla de forma más efectiva (Radiación: y Técnico-operacionales, 2017, p.5).

#### **1.4.9. Cultivo Microbiano**

El cultivo microbiano consiste básicamente en el crecimiento de ciertas células o agentes microbianos que deseamos estudiar, esto se obtiene gracias a la división celular. El fin de los cultivos microbianos a nivel de laboratorio es la obtención de cepas en porciones de genoma, los cuales son usados posteriormente para el mejoramiento de diseños en cebadores para el perfeccionamiento de métodos de detección molecular. En el cultivo se intenta crecer y mantener vivo a la colonia de células para propósitos taxonómicos, o estudios en el futuro, es por ende que existen dos métodos de preservación de cultivos uno a corto plazo, en el cual se almacena en tubos de agar inclinados y otro a largo plazo, en donde los cultivos se mantienen liofilizados o criopreservados para prolongar su vida (Gallut, 2016, p.50).

#### **1.4.10. Caja Petri**

La placa o caja Petri es un instrumento de vidrio o plástico, de una base circular con una tapa del mismo material, pero con un diámetro más grande para poder ser cerrado, este es usado para poder realizar cultivos microbianos y observar su crecimiento. Las cajas que son de plástico suelen ser por lo general desechados una vez usados, mientras que los de vidrio pueden ser reutilizados una vez descontaminados y esterilizados. Las cajas Petri suelen ser usados por lo general en cultivos microbianos, pues al ser transparente permite observar los diferentes crecimientos de mohos, hongos e incluso células, también suelen ser ocupados para llevar sustancias de un sitio a otro (Kitlab.exa.unicen.edu.ar, 2021, p.1).



#### 1.4.11. Placas Rodac

Las placas son un *Rodac (Replicate Organism Direct Contact Agar)*, son unas placas que tienen un diámetro entre 50 y 60 mm las cuales poseen un agar nutritivo adquiriendo una forma convexa, la cual sobresale de estas placas, sirven para poder tomar muestras sobre superficies, poniendo en contacto la superficie a analizar y la placa con un poco de presión, generando de esta forma que los microorganismos se adhieran con facilidad a la placa para posteriormente llevarlas a crecer (Pérez, 2010, p.9).

#### 1.4.12. Agar Nutritivo

El agar nutritivo es usado para propósitos generales, para poder aislar y recontar microorganismos los cuales necesitan escasos requerimientos nutricionales, su uso es el adecuado para análisis de aguas, alimentos y otros materiales de importancia sanitaria. Esta constituido de pluripectona y extracto de carne, los cuales sustituyen a las fuentes de carbono y nitrógeno, además de aportar nutrientes para el correcto desarrollo bacteriano. El agregado de cloruro de sodio permite mantener el balance osmótico y el agar es el agente solidificante (Britania, 2015, p.11).

**Tabla 8-1:** Información nutricional del agar (gramos por litro):

Pluripectona	5.0
Extracto de carne	3.0
Cloruro de Sodio	8.0
Agar	15.0
pH final: $7.3 \pm 0.2$	

Fuente:(Britania, 2015).

Realizado por: Meza, Adrian, 2021.

#### 1.4.13. Agua peptonada

El agua peptonada es un medio utilizado como diluyente y además de ser usado como enriquecimiento para el crecimiento bacteriano, es un medio no selectivo, en el cual la peptona hace el papel de brindar los nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano, mientras que el cloruro de sodio brinda un balance osmótico, tiene un color ámbar claro al momento de prepararlo para el medio de cultivo, y un color beige antes de su uso (Laboratorio Britania S.A, 2015, p.2).

**Tabla 9-1:** Información nutricional del agua peptonada (gramos por litro).

Peptona de carne	10.0
Cloruro de Sodio	5.0
pH final: $7.2 \pm 0.2$	

**Fuente:**(Laboratorio Britania S.A, 2015).

**Realizado por:** Meza, Adrian, 2021.

#### **1.4.14. Pipeta Automática**

Una pipeta automática se caracteriza principalmente por no poseer un lugar de depósito, además es usado principalmente para absorber pequeños volúmenes de líquidos (1-500ml) dejando a un lado el lavado constante, sin embargo, emplea una punta diferente después de cada uso, estas pipetas son usadas cuando se requiere pasar de un recipiente a otro utilizando medidas de gran exactitud (Instrumentosdelaboratorio.org, 2021, p.1).

#### **1.4.15. Asa de Drigalski**

Es un instrumento plástico o de vidrio el cual sirve para siembra por disseminación en superficie, pues posee una longitud desde la base que permite el fácil manejo de este, es apto para sembrar muestras líquidas alrededor de toda la caja Petri, evitando de esta manera el contacto con alguna de las paredes, su punta inclinada y su forma redonda minimizan la rotura del medio sólido al momento de expandir la muestra (Deltalab.es, 2021, p.2).

#### **1.4.16. Lámpara de Alcohol**

La lámpara de alcohol consiste en un recipiente de vidrio el cual tiene una forma redonda con una base plana donde se la puede llenar de alcohol potable, en su interior se encuentra una mecha la cual se halla enroscada en el cuello de la botella con una tapa metálica que permite la salida de la mecha, al momento de prender se lo realiza por la parte seca de la mecha que sobresale de la lámpara de alcohol, cuando estas llegan a consumirse completamente, se las recarga utilizando un embudo, para apagarlo simplemente se coloca la tapa encima y el oxígeno llega a consumirse sofocando la llama, este instrumento sirve para calentar tubos, matraces, etc., (kitlab.exa.unicen.edu.ar, 2021, p.1).

#### **1.4.17. Autoclave**

Es un aparato con aspecto de caja metálica el cual nos permite trabajar con vapor de agua en alta presión y alta temperatura con una puerta de cierre hermético, para poder así introducir objetos a

esterilizar. Dispone de dispositivos para poder controlar la temperatura, la presión y elementos calefactores que permiten mantener el calor en la máquina, generalmente los autoclaves requieren de un tiempo al momento de conectarlos con la red eléctrica con el fin de estar preparados para los ciclos herméticos (Sataloff, Johns y Kost, 2021, p.5).

**Tabla 10-1:** Ciclos habituales en el aparato de autoclave

<b>CICLOS</b>	<b>Función</b>
<b>Ciclo de 105 °C</b>	Desinfección de líquidos y objetos delicados
<b>Ciclo de 120 °C</b>	Esterilización general de instrumental, guantes y tejido clínico.
<b>Ciclo de 134 °C</b>	Esterilización de material quirúrgico o con riesgo.
<b>Ciclo de 143 °C</b>	También denominado ciclo rápido, pues se usa para objetos que su uso sea urgente.

**Fuente:** (Sataloff, Johns y Kost, 2021).

**Realizado por:** Meza, Adrian, 2021.

#### **1.4.18. Estufa Bacteriológica y de Cultivo**

La estufa bacteriológica y de cultivo es un horno eléctrico, con convección natural de aire, además de una lectura de la temperatura digital, esto gracias a que posee un microprocesador. Permitiendo de esta manera trabajar desde los (+5 °C) hasta (+80 °C), temperatura ambiente, posee un rango de error aproximadamente de  $\pm 0.5$  °C (Upc.edu, 2021, p.3).

#### **1.4.19. Cabina de Seguridad Biológica**

La cabina de seguridad biológica es un equipo que proporciona una barrera de contención, generando así una zona de trabajo la cual está libre de partículas, agentes externos o probables contaminantes como bacterias que puedan alterar el producto con el cual se está trabajando, cumpliendo de esta forma su principal objetivo el cual es mantener al trabajador libre de cualquier contaminación, estos aparatos reciben muchos nombres como: cabinas de bioseguridad, campanas microbiológicas, o incluso campanas de flujo laminar (Panamericana y Regional, 2002, p.85).

#### **1.4.20. Contador Geiger Exp**

El aparato a usarse es un contador Geiger Ranger Exp el cual es un contador Geiger de “bolsillo”, ofreciendo el máximo rendimiento pues es resistente y sensible ideal para usarse en medios

industriales difíciles, en laboratorio o incluso en campos abiertos. Su rango de medición opera tanto para niveles bajos de radiación alfa (hasta 2 MeV), beta (hasta 16 MeV), así como rayos gamma (hasta 10 KeV) y rayos-X. La precisión en que oscila este aparato es acerca de: Normalmente  $\pm 15\%$  de fábrica,  $\pm 10\%$  con calibración de fuente NIST (Geigercounters.com, 2021, p.2).

#### **1.4.21. Electrete**

Un electrete consiste en una pieza de teflón que es un material dieléctrico, el cual es capaz de mantener un campo electrostático constante, gracias a que posee una carga eléctrica permanente, atrayendo de esa forma los iones funcionando de esta forma como fuente eléctrica y como sensor, los iones al ser atraídos ionizan de acuerdo al tiempo de exposición, generando así un cambio del voltaje eléctrico el cual es medido (Kotrappa, 2021, p.30).

### **1.5. Insumos Médicos a Irradiar**

#### **1.5.1. Jeringas**

Las agujas son utilizadas en las jeringas, según el diccionario de Oxford define a las jeringas como un instrumento para introducir líquidos en conductos, cavidades o tejidos orgánicos o extraerlos del cuerpo, en especial para poner inyecciones; consiste en un tubo hueco de vidrio, metal o plástico con un émbolo en su interior que aspira o impele el líquido, según el movimiento que se le dé, y con un extremo terminado en una cánula donde se introduce una aguja hueca, que se clava en la parte del cuerpo en la que se quiere introducir o de la que se quiere extraer un líquido (Lexico.com, 2021, p.1).

#### **1.5.2. Batas Médicas**

Las batas médicas representan un vestuario imprescindible en la práctica diaria de cualquier profesional que trabaje en el sector sanitario y/o de investigación ya que actúan como protectores con el fin de evitar contaminación de agentes patógenos u otros elementos. Es la manera más fácil y cómoda de proteger tanto a pacientes como a todo el personal sanitario (eSaludate.com, 2021, p.2).

#### **1.5.3. Mascarillas**

La mascarilla es un insumo médico, u objeto o trozo de tela o papel que se coloca sobre la nariz y la boca y se sujeta con una goma o cinta en la cabeza, para evitar o facilitar la inhalación de

ciertos gases, sustancias o incluso ciertos agentes patógenos externos (Lexico.com, 2021, p.1). En el diseño experimental que hemos planificado, vamos a utilizar específicamente mascarillas de tela usados regularmente en el área de la medicina.

## **1.6. Normativas para la Esterilización por Radiación**

La técnica de Esterilización es una técnica empleada en las últimas décadas, ha ido creciendo especialmente en la industria de la medicina, tanto en farmacología en el envase cerrado que requieran especial esterilización, al igual que los radio-fármacos, cadenas de producción: farmo-químicos aislado, formulación en proceso, producto final, envase y/o parte del mismo, inclusive en la fabricación de productos que van de la mano con la esterilización, por ejemplo: tapón, jeringas pre-llenadas, blíster, insertos, pomos, etc. Al igual que en productos que se pueden irradiar como: barbitúricos, antibióticos, almidones, corticoides, incluyendo ciertos medios de cultivos que requieran la presencia solo de ciertas bacterias o virus (Radiación: y Técnico-operacionales, 2017, p.5).

### **1.6.1. Pautas para esterilización por radiación industrial de productos médicos desechables (cobalto-60 irradiación gamma)**

La presente guía hecha por el Organismo Internacional de Energía Atómica, tiene como objetivo servir como base para que los diferentes profesionales y técnicos de la radiación puedan orientarse en lo que se refiere a irradiación gamma, con una fuente de Cobalto-60 y esterilización en productos médicos, pues este campo ha ido creciendo paulatinamente con el paso de los años desde fuentes que usan  $7 \times 10^{17} Bq$  hasta inclusive llegar a usar  $4 \times 10^{18} Bq$  como se ha evidenciado, este campo a tenido una gran apertura, es por esto que se ha llegado a la necesidad de crear una guía para el buen manejo de radiación y minimizar los efectos colaterales que puedan suscitarse (Kesler, 1990, p.20).

Para brindar un producto de calidad que tenga garantía primero se tiene que basar en las *GMP* (*good manufacturing practices*) o también conocidas como (buenas prácticas de manufactura); es por esto que tiene que cumplir la siguiente lista:

- ✓ Un sistema integrado de manufactura y calidad de garantía.
- ✓ Gestión separada de responsabilidades de producción y calidad de garantía.
- ✓ Respetivos permisos, materiales y equipamiento.
- ✓ Personal entrenado en el área.
- ✓ Procesos documentados de manufactura y calidad de garantía.
- ✓ Apropiadados record del producto y de los lotes.
- ✓ Adecuado manejo, transporte y carga.

- ✓ Un sistema de retirada de productos.
- ✓ Un sistema de revisión de cuentas de las buenas prácticas de manufactura.

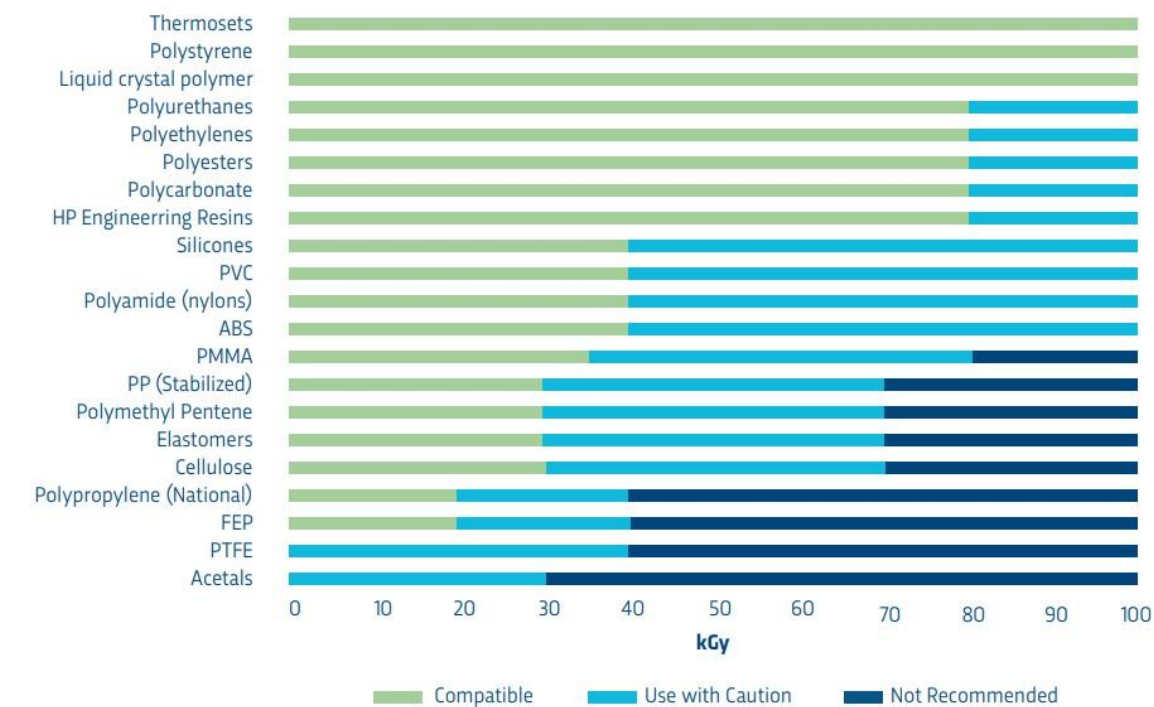
Todos estos elementos son necesarios y conforman las *GRP (Good Radiation Practice)* o (Buenas Prácticas de Radiación), las cuales nos van a permitir llegar a nuestros objetivos planteados. En un nivel industrial es importante tomar a consideración la cartografía o mapeo de dosis, demostrándonos si la dosis impartida está siendo distribuida uniformemente, para poder asegurarnos del control de calidad de las muestras a irradiar, esto es importante debido que nos muestra si en nuestra planta de irradiación existe algún desperfecto, de ser así la dosis absorbida podría llegar a alterarse y por ende el control de calidad también se verá afectado. Para reparar este desajuste es necesario ver cuanta es la dosis máxima que emite nuestra planta y nuestra dosis mínima, formando un cuadro de control de calidad el cual se podrá ver realizar una curva de calibración con los diferentes técnicos de la planta (Kesler, 1990, p.21).

El efecto biológico no es de carácter importante, pues no estamos irradiando muestras biológicas (partes del cuerpo), además cabe resaltar que nuestra planta de radiación tiene un sistema de protección en forma de blindaje tipo sánduche para no permitir el paso de actividad radiactiva emitida por la fuente.

Los siguientes elementos y materiales químicos vienen con una serie de cuestiones a considerar y son:

- ✓ Los materiales aromáticos son más estables que los materiales alifáticos.
- ✓ Los antioxidantes fenólicos poseen en su mayoría plásticos y por eso causan descoloramiento, es necesario el uso de aditivos no fenólicos y eliminaran el problema.
- ✓ La mayoría de polipropileno y teflón son menos estables a irradiación. El uso de PVC y PP deberían estabilizar la radiación.
- ✓ Los polímeros procesados bajo condiciones de cristalización que brinden productos médicos frágiles no deberían ser irradiados, caso contrario se aconseja triturar el plástico, elevarlo a grandes temperaturas y enfriarlo en cortos lapsos de tiempo, limpiando de esta manera el exceso de cristalización de los plásticos.
- ✓ Altos niveles de antioxidantes ayudan a mantener la radiación estable.
- ✓ Para productos polímeros semicristalinos es necesario el moldeamiento de estos plásticos para que los productos cristalinos disminuyan.
- ✓ No es recomendable el uso de autoclave en productos irradiados.
- ✓ Los módulos de plástico no se verán afectados por la radiación.
- ✓ Los materiales blandos al igual que los esponjosos suelen ser estables a dosis de radiación esterilizante.
- ✓ Evitar el uso de materiales de peso molecular ligero.
- ✓ Evite el uso de polímeros nucleados.
- ✓ Polímeros con bajo rendimiento por lo general suelen ser más estables a irradiación.

Los diferentes materiales polímeros que se pueden hallar en el área de medicina pueden llegar a tener diferentes rangos de dosis:



**Figura 4-1.** Descripción de los diferentes polímeros que conforman materiales que constan en el área de medicina y la dosis que es aceptable:

Fuente: (Solutions, 2018, p.30).

Se ha comprobado que una dosis de 25kGy (2.5Megarad) es ideal para eliminar la mayoría de las bacterias, tomando en cuenta que esta dosis genera un nivel de aseguramiento de  $10^{-6}$ , donde estudios han demostrado que la mayoría de los microorganismos conocidos actualmente no pueden llegar a resistir esta dosis (Kesler, 1990, p.22).

La fuente de Cobalto-60 genera una radiación entre 1-18kGy (0,1 a 1,8 Megarad) por lo tanto su radiación si esta entre los parámetros aceptables, para unas buenas prácticas de radiación (GRP) es recomendable el acceso a un buen laboratorio de microbiología para poder hacer pruebas pre-irradiación y post-irradiación, para poder llevar un control de calidad y verificar el buen funcionamiento de nuestra cabina de esterilización (Kesler, 1990, p.22).

Para las pruebas de pre-irradiación es necesario una muestra y su record de producción o una guía que nos indique como fue elaborada, además de colocar nuestra muestra en una cabina aparte, se puede hacer una prueba de indicador de cambio de color antes y después de irradiar, es recomendable el uso de dosímetros dentro de la cabina además del uso de dosímetros de bolsillo para colocarlos en las muestras (Kesler, 1990, p.23).

Durante el proceso de irradiación, hay que llevar un constante monitoreo, con eso se puede verificar incluso si hay fugas en nuestra cámara, las muestras luego de ser irradiadas serán

trasladadas a otra cámara dentro de la fábrica, con mucha precaución y llevando en empaques separados para evitar la contaminación (Kesler, 1990, p.23).

Para las pruebas de post-irradiación es útil, el uso de un cultivo microbiológico para poder ver el efecto de la esterilización sobre los diferentes productos, comprobando el correcto funcionamiento de nuestra cámara de Cobalto-60. El encargado del manejo de radiaciones tiene como trabajo velar por el bienestar de los trabajadores de la fábrica, es por ello que es importante hacer curvas de calibración paulatinamente se recomienda una revisión semestral, además de los cálculos respectivos de la fuente de radiactiva, pues esta suele decaer con el paso del tiempo (Kesler, 1990, p.24).

### **1.6.2. Norma ISO 11137-1**

Esta norma dictamina de forma más precisa el uso de radiaciones para la esterilización de productos para el cuidado de la salud, tomando como referencia una fuente de Cobalto-60, u otra fuente como es el Cesio-137, además también cuenta con el uso detallado de un haz procedente de generadores de electrones, un haz procedente de un generador de rayos X, abarcando de esta manera procesos de radiación que ocupen las fuentes mencionadas anteriormente y de esta manera llegar a niveles aceptables de *SAL* (Development, Control y Sterilization, 2014, p.57).

La especificación sanitaria de cada instrumento varía dependiendo del país o del continente, y dependerá de las autoridades competentes en cada área, analizar qué nivel de esterilidad es aceptable.

Para poder validar un proceso de esterilización hay que tomar en consideración diferentes aspectos tales como:

- ✓ Estado microbiológico de los componentes en las materias primas y/o componentes de entrada.
- ✓ Validación y control de rutina de los procesos de limpieza y desinfección aplicados al producto.
- ✓ Control ambiental donde se fabrica el producto, se monta y empaca.
- ✓ Control sobre equipo y procesos.
- ✓ Control sobre el personal y su respectiva higiene.
- ✓ Forma y material con los que se empaquetan los productos.
- ✓ Condiciones bajo las que se almacena el producto.

La norma también nos indica los procesos que deben llevarse a cabo para poder garantizar las actividades de esterilización, desde un punto de vista tanto industrial donde se requerirán esterilizar extensos números de lotes de productos dándonos de esta forma pautas, para poder incluso encontrar dosis aceptables, conjuntamente nos indica la dosis que vamos a emplear para números menores de lotes y productos, esto se puede apreciar en el Anexo, donde se muestra varios métodos a usarse dependiendo del número de muestras que se vayan a esterilizar y como



encontrar una dosis máxima y mínima para poder irradiar una mayor cantidad de productos, mientras que para una cantidad menor o igual a 40 productos nos indica una dosis de referencia, siendo este último el que vamos a emplear en el trabajo (Development, Control y Sterilization, 2014, p.57). La norma no especifica los individuos u organismos que realicen diferentes actividades para el desarrollo, validación y control de rutina en un proceso de esterilización, pese a que estas actividades se encuentran estrechamente relacionadas como es el caso de la calibración, mantenimiento, el producto en sí a usarse, cualificación operacional., entre otros, sino nos indica que todos estos procesos se realizan de forma conjunta. Es por esto que esta norma no se basa en un control de calidad del producto (Development, Control y Sterilization, 2014, p.59).

Pese a que la norma especifica una esterilización a ciertos productos, no puede dar garantías sobre ciertos patógenos creadores de enfermedades como lo son:

- ✓ Encefalopatías espongiiformes.
- ✓ Encefalopatía espongiiforme bovina.
- ✓ Enfermedad de Creutzfeld-Jakob.

Es por eso que ciertos países se han dedicado al procesamiento de materiales infectados con estos potenciales patógenos causantes de enfermedades.

Debido a que cada país se rige bajo sus propios reglamentos internos sobre niveles aceptables de esterilización, la norma no detalla los requisitos específicos para poder nombrar estéril a un producto, demostrando que no es una norma que se base en conceptos de control de calidad, sino de métodos o directrices a tomarse en cuenta cuando se irradie productos médicos, la norma por ende no requiere que se utilicen ensayos de esterilidad definidos en la farmacopea (Development, Control y Sterilization, 2014, p.60).

## **1.7. Técnicas empleadas en el Cultivo Microbiano**

A continuación, vamos a detallar las técnicas que se ejecutaron para poder realizar un cultivo microbiano dependiendo del material que vayamos a analizar.

### **1.7.1. Técnica de Cultivo Microbiano Tipo Contacto**

Al momento de analizar una muestra ya sea de alimentos, instrumentos, u objetos que requieran un estudio de sanidad es aconsejable utilizar un cultivo y realizarlo en tipo contacto, por ejemplo: Los alimentos durante su procesado entran en contacto con; equipos, instrumentos, envases, expositores, embalajes, aire, bandejas, etc., los cuales pueden estar contaminados y es necesario hacer un estudio microbiológico, dándonos así una idea de la limpieza del lugar, además se puede determinar si este establecimiento puede o no ser foco de contaminación. El método que a emplearse es con el uso de placas *RODAC* con medio agar tipo: “Agar de bilis y verde brillante”,

hasta incluso se pueden usar otros medios como: “Agar nutritivo”, o incluso “Agar tipo sangre ovina estéril”. Es recomendable el uso del agar de bilis y verde brillante debido a que son selectivos para bacilos Gram (capaces de fermentar lactosa formando colonias con un centro rojizo con un anillo rosado tenue, con un fondo verdeazulado), generadores de *Echerichia coli*. Una vez colocado el agar se procede a ponerlo a contacto con la superficie que vamos a estudiar en este caso es una superficie plana, generando un poco de presión, para finalmente realizar el cultivo, dejando en posición invertida a 37°C durante 24 y 48 horas, para realizar el conteo de colonias bacterianas (Susana A. Saenz Cervera, 2011, p.102).

### **1.7.2. Técnica de Cultivo Microbiano Tipo Siembra en Superficie**

En el manejo de muestras sea por placas Petri, de un tubo en *slant* (medios sólidos) o en un tubo con caldo (medio líquido), es necesario tomar una muestra de inóculo con la ayuda de una pipeta automática considerando que habitualmente se toma 0,2ml de muestra para proceder a utilizar en nuestras placas *RODAC* o en el medio que deseamos que crezca, para esparcir nuestra muestra de inóculo se utiliza una asa de siembra en el caso del uso de cajas Petri, al igual que en el uso de placas *RODAC*, esto sirve para que nuestras bacterias puedan crecer en el medio de forma dispersa, el asa de siembra siempre tiene que estar en contacto con una lámpara de alcohol u otro equipo que emita fuego, esto para que cada vez que se entre en contacto con una caja o placa este se encuentre estéril, y no llegue a modificar nuestros cultivos. La siembra en superficie se utiliza cuando queremos analizar un material sólido en un medio líquido (generalmente el líquido no suele afectar nuestros resultados como es el caso del agua péptida que se usa como inocuo y para que permita el crecimiento exponencial de bacterias) (Susana A. Saenz Cervera, 2011, p100).

## **1.8. Bases Legales que sustentan la investigación**

El presente trabajo se basa tanto en normativas de carácter nacional como internacionales aún vigentes, entre los cuales tenemos:

### **1.8.1. Acuerdo Ministerial N°238**

La norma técnica para la gestión segura de los desechos radiactivos y fuentes radiactivas selladas en desuso posee un apartado donde se hace referencia a los procesos en cuales existen desechos de carácter radiactivo específicamente de origen natural (NORM) y en su artículo 20 y 31 se pronuncia acerca del procedimiento de manejo de desechos radiactivos y la correcta gestión que se debe cumplir (MEER, 2007, p.30).

### **1.8.2. OIEA Experience in Radiation Sterilization of Medical Products**

La norma técnica para poder llegar a la esterilización a través de radiación hace referencia a una serie de métodos que podemos emplear para llegar a un SAL mínimo requerido, sin que el personal pueda tener graves daños biológicos consecuencia de la exposición a una fuente radiactiva (IAEA, 1974, p.20).

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO METODOLÒGICO**

En el presente capítulo se definirá el tipo y diseño de la investigación a llevarse a cabo, al igual que la metodología para poder montar correctamente el experimento en base a un diseño preliminar para irradiar diferentes utensilios médicos (agujas, batas y mascarillas), pretendiendo de esa forma establecer fórmulas y cálculos para obtener los niveles de dosis óptimos para cumplir nuestro objetivo principal.

#### **2.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación en el presente trabajo a desarrollarse es de carácter cuantitativo, ya que se trata de evaluar ciertas dosis controladas a través de la fuente de Uranio-238, que se encuentra en el laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), según el nivel de profundización en el objeto de estudio podemos estimar que tiene una relación de carácter exploratoria, pues es necesario exponer ante la fuente de radiación, las diferentes muestras, para luego poder ser analizadas en el laboratorio además, de ser aplicativo pues se empleara los conocimientos obtenidos en materias de semestres pasados especialmente en física de la radiación, pues se estudiara la interacción entre la radiación ante la materia.

Es experimental, debido a que se utilizará la técnica de irradiación para esterilizar a fin de proponer un diseño practico para el montaje experimental con el fin de conocer los efectos producidos de este elemento en los diferentes materiales propuestos, además se realizará el monitoreo ambiental utilizando el detector Geiger Ranger y Gamma Scout. Es hipotético-deductivo, por lo que se estima que los efectos producidos por radiación de la fuente de Uranio-238 sean útiles para la esterilización de insumos médicos (agujas, mascarilla, batas), esto se verificara a partir de los datos obtenidos en el experimento y programas de estadística.

#### **2.2. Diseño de la Investigación**

##### **2.2.1. Diseño Experimental**

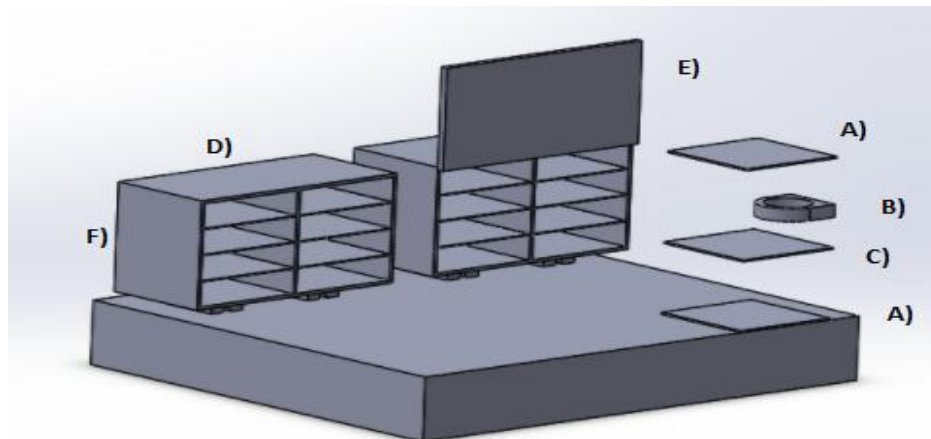
El diseño de la investigación a desarrollarse en el presente proyecto de investigación es de carácter experimental, ya que el objetivo principal es evaluar los diferentes efectos producidos con la fuente radiactiva de Uranio-238 mediante el uso de la técnica de irradiación aplicada en productos médicos, como se detalló en el capítulo anterior.

Para el diseño experimental se empleó el programa Solid Works, el cual nos permite una simulación en 3D y de estudio de materiales.

Nuestra cámara de irradiación consiste en una caja de dimensiones 310mm de largo por 160mm de alto, además de poseer una profundidad de 150 mm, se encuentra dividido la caja a lo largo por 150mm, generando de esta forma dos cámaras completamente separadas, el grosor de nuestra caja es de 3mm aproximadamente, el material empleado es alucobond que consiste en dos láminas de aluminio rellenas de un polímero, se eligió este material, debido a su fácil manipulación, y la protección que nos puede brindar, debido al blindaje tipo sandwich que permite la atenuación de radiación alfa y beta completamente y una disminución de la radiación gamma aunque no completamente.

En el interior de nuestra caja vamos a encontrar unas pestañas las cuales tienen una separación de 40mm cada una, esto para que se puedan disponer de forma paralela placas de acero N°304 con dimensiones de 145mm por 143mm y un grosor de 14mm, esto para atenuar radiación alfa y beta, trabajando solamente con gamma, esto debido a la naturaleza de la fuente, la cual vamos a disponer en la mitad de nuestras cámaras respectivamente.

A continuación, vamos a observar un plano en 3D, de nuestro montaje experimental, mientras que el plano lo podemos hallar en el Anexo B.



**Figura 1-2:** Ilustración del diseño experimental:

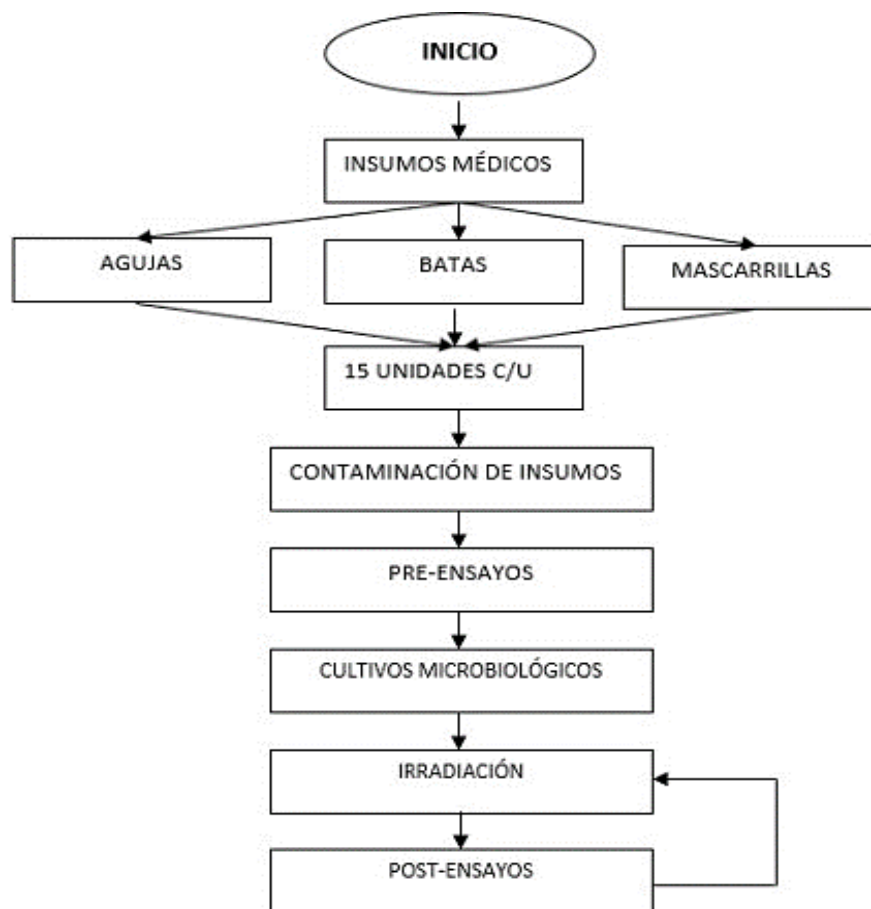
**Realizado por:** Meza Adrian 2020.

En la figura 1-2 se pueden observar los componentes de nuestro experimento siendo estos los siguientes:

- A) Porta Muestras esterilizado.
- B) Electrete.
- C) Porta Fuente radiactiva.
- D) Caja para irradiar dividida en dos cámaras.
- E) Tapa de aluminio.
- F) Rieles para colocar las bandejas respectivamente en cada cámara.

Modelación a seguir en el experimento:

El siguiente diagrama nos va a permitir tener una guía de cómo se realizó el experimento:



**Gráfico 1-2:** Modelación a seguir en el experimento

Realizado por: Meza Adrian. 2021.

### 2.2.2. Localización de estudio

El presente trabajo se lo realizó en el laboratorio de Técnicas Nucleares y en el laboratorio de análisis Bioquímicos y Bacteriológicos de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 2.2.3. Población de estudio

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se toma como población el conjunto de (15 jeringas, 15 mascarillas, 15 batas), las cuales se las va a separar en 3 lotes de 5 muestras cada uno, para poder realizar posteriormente estudios y cálculos que identificará a que valores existen dosis efectivas.

#### **2.2.4. Tamaño de la muestra**

Para determinar la dosis en este trabajo mediante el uso del electrete, y la técnica de radiación para esterilización, al igual que las normas ISO 11.137, considerando al tamaño de la población como la muestra.

#### **2.2.5. Método de muestreo**

Para la recolección y posterior análisis se aplica el muestreo por conveniencia, porque escogimos la fuente de Uranio-238, la cual estará en contacto con nuestros materiales que irradiaremos por separado, estos materiales estarán subdivididos en ítems para un estudio pre-estéril y un post-estéril.

#### **2.2.6. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos que serán usadas en el presente trabajo de investigación serán las siguientes:

- Bases de datos.
- Medición y recolección de datos del laboratorio.
- Documentos de estudio realizados en el área de investigación.
- Observación directa.
- Técnica de Esterilización por medio de Radiación.
- Técnicas según el manual ISO.

#### **2.2.7. Análisis Estadístico Inferencial**

Los datos son ordenados mediante tablas, gráficos y analizados mediante el uso de herramientas de la estadística descriptiva. Además, las precisiones de las mediciones serán determinadas usando teoría de errores, al igual que algunos softwares a fines.

### **2.3. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria**

#### **2.3.1. Fuente Radiactiva**

En el laboratorio de Técnicas Nucleares que se encuentra en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo presenta las siguientes características que podemos apreciar a continuación en la tabla 1-2 y figura 2-2:

**Tabla 1-2:** Fuente de Uranio-238

MUESTRA:	Uranio-238
TIPO:	Roca
Actividad:	1800000 +/- 0.003 (Bq/gr)

**Fuente:** (Jéssica Valeria Chiluiza Solórzano, 2020).

**Realizado por:** Meza, Adrian,2020.

En las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo podemos encontrar la fuente radiactiva:



**Figura 2-2.** Fuente Radiactiva.

**Fuente:** Laboratorio de Técnicas Nucleares de la ESPOCH.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

### 2.3.2. Contador Geiger Ranger Exp

Vamos a emplear un contador de tipo Geiger Ranger Exp, esto gracias a que posee una lectura de radiación más precisa, esto para poder medir la radiación natural, que existe en el lugar que vayamos a ocupar para llevar a cabo la irradiación, esto se lo realizara en la parte de atrás del laboratorio de Técnicas Nucleares, el cual está provisto de un bunker para no contaminar otras áreas.





**Figura 3-2.** Contador Geiger Exp.

**Fuente:** Laboratorio de Técnicas Nucleares de la ESPOCH.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

### 2.3.3. Autoclave

Este aparato nos va a servir al momento de preparar el agar, pues debido a que la mezcla entre agua destilada y agar nutritivo conlleva una esterilización y además lo ideal es hacerlo en altas temperaturas. Posteriormente también se van a esterilizar las cajas Petri circulares con el cultivo microbiano esto para frenar el crecimiento de las bacterias y otros agentes patógenos.



**Figura 4-2.** Autoclave.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

Vamos a utilizar la estufa para poder mantener nuestras cajas Petri con sus respectivos cultivos a una temperatura aproximadamente de  $(35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C})$  por un rango de 48 horas, con el fin de que crezcan nuestras bacterias para poder realizar el conteo.



**Figura 5-2.** Estufa bacteriológica.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

#### **2.3.4. Cabina de seguridad biológica**

En el trabajo que estamos realizando vamos a usar una cabina de seguridad biológica, esto debido a que todo lo relacionado a la preparación del cultivo la vamos a llevar a cabo dentro de estas cabinas para poder de esta forma asumir los mínimos riesgos que puedan alterar nuestros cultivos.



**Figura 6-2.** Cabina de seguridad biológica.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

#### **2.3.5. Caja para irradiar y bandejas para muestras**

Para poder irradiar nuestras muestras las vamos a colocar en bandejas de acero N°304, los cuales fueron previamente desinfectados y esterilizados para que no exista una contaminación, estas bandejas las vamos a colocar en los extremos de nuestra caja para irradiar en otra bandeja que no necesariamente tiene que estar esterilizada se colocara la fuente radiactiva, y se lo ubica en el medio de nuestra caja en cada cámara respectivamente, también se colocaran los electretes para

poder analizar la dosis absorbida por nuestras muestras.



**Figura 7-2.** Caja para recibir muestras, con placas de acero para el depósito de la fuente radiactiva.

**Fuente:** Meza, Adrian 2021.

### 2.3.6. Electrete E-perm

Los electretes son materiales dieléctricos, los cuales funcionan a base de la recolección de cargas iónicas que pueden llegar a existir en el entorno, esto debido a que generan un campo magnético a su alrededor de signo positivo, recolectando los iones de signo negativo, este cambio es registrado gracias a que los electretes poseen un voltaje, dicho cambio de voltaje es medido, en un principio es usado para la medición del Radón en un medio, pero con estudios posteriores, se demostró que pueden ser usados como dosímetros portátiles. (Kotrappa y Gupta, 1982, p.180).

En el presente trabajo vamos a utilizar como identificador de dosis a los electretes (SKR 735 y SKR 845), los cuales van a estar dispuestos de forma horizontal, en nuestras bandejas portadoras de muestras.



**Figura 8-2.** Electretes usados en nuestro experimento.

**Fuente:** Laboratorio de Técnicas Nucleares.

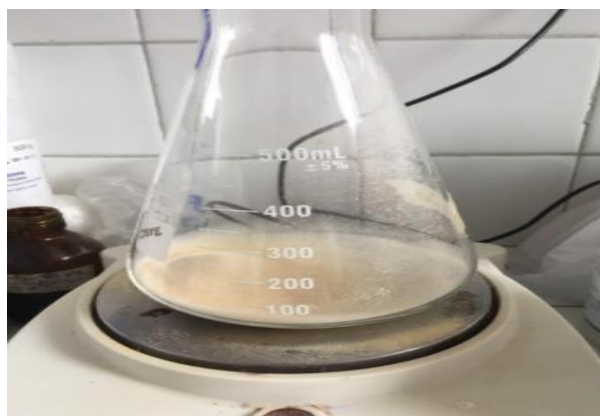
**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

## 2.4. Técnicas para cultivo microbiano en pre y post irradiación insumos Médicos

### 2.4.1. Agujas

En el trabajo se utilizaron un lote de 15 agujas en total, las cuales fueron contaminadas para poder realizar el estudio, para eso fueron suplidas 7 jeringas de 10 ml al personal médico del Centro de Salud Número 3 de la ciudad de Ambato, otras 8 jeringas de 10 ml fueron abastecidas al Centro de Salud de la Medalla Milagrosa de la ciudad de Ambato, las cuales fueron utilizadas para diferentes propósitos en pacientes, con el objetivo de ver si dichas agujas pueden llegar a ser esterilizadas, para esto primero se va a realizar un cultivo microbiológico para realizar conteo de las bacterias que puedan llegar a existir en las agujas y ver si también existe presencia de otros contaminantes.

Primero vamos a realizar el agar para tener el medio de cultivo, para ello vamos a mezclar  $6.21 \pm 0.1$  gramos de Agar nutritivo con  $270 \pm 0.1$  ml de agua destilada en un matraz para luego sellarlo con papel aluminio, colocamos nuestra muestra en un autoclave, finalmente colocamos nuestra muestra en cada caja Petri cuyo diámetro es de 50mm y esperamos a que se solidifique con un color amarillento ceroso.



**Figura 9-2.** Preparación del agar para el cultivo microbiano.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

El cultivo se lo va a realizar por la técnica: siembra en superficie, consiste en sumergir las agujas en agua peptonada de un tubo de ensayo, este líquido va a servir como inocuo entre las bacterias y el agar nutritivo que vamos a querer que crezcan nuestras bacterias, con ayuda de una pipeta automática tasada en 100 ml previamente, tomo una muestra y la coloco en nuestra caja Petri con el agar previamente preparado y con la ayuda de un asa de siembra vamos a esparcir nuestra mezcla en toda la caja Petri lo que más podamos para posteriormente sellar nuestra caja con su respectiva tapa, todo este proceso se llevara a cabo de la cabina de seguridad biológica además de estar con el mechero de alcohol a nuestro lado de esa manera vamos a trabajar siempre con

materiales esterilizados debido al previo contacto ante cualquier sustancia vamos a acercar nuestros utensilios a la flama directamente y esperar que se enfríen unos 15 a 20 segundos para que no lleguen a alterar nuestros cultivos y obtener mejores resultados.



**Figura 10-2.** Técnica de siembra en superficie.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

Colocamos nuestras muestras en sus respectivos estuches plásticos y posteriormente en una funda ziplock para posteriormente llevarlas a irradiar y estudiar su efecto, esto se lo va a realizar en pruebas pre y post irradiación.

Finalmente vamos a llevar nuestras muestras a la estufa bacteriológica y esperar alrededor de 48 horas a que crezcan nuestras bacterias a una temperatura aproximadamente de  $36 \pm 0.5$  °C.

Esto se lo va a realizar en pruebas pre y post irradiación.

#### **2.4.2. Batas**

En el insumo médico perteneciente a las batas se utilizaron un total de 15 batas, para lo cual se extraerá una porción de cada bata específicamente de la zona del tórax con el fin de tener un mismo corte en una misma zona, pero en diferentes batas, estas fueron suplidas gracias a la ayuda del personal médico del Centro de Salud de la Medalla Milagrosa, las cuales fueron previamente usadas en diferentes áreas de salud por distintos profesionales a fines al centro, con el objetivo de tener una gamma de muestras amplias las cuales van a ser irradiadas luego por la fuente radiactiva para poder observar así el efecto que pueda llegar a ejercer la radiación.

Primeramente, vamos a preparar nuestro agar para poder realizar un cultivo microbiano, con el fin de realizar un conteo de bacterias que puedan llegar a existir previamente a la irradiación, para esto se utilizara un agar con un medio nutritivo utilizando una mezcla aproximadamente de

6.21±0.1 gramos de Agar nutritivo con 270 ± 0.1 ml de agua destilada, este cálculo se da gracias a la relación de referencia que tomamos de 23 gramos por un litro de agua destilada (100ml), todo esto lo mezclamos en un matraz, luego lo sellamos con papel aluminio en la parte de la boca de este, para posteriormente llevarlo al autoclave, para que la mezcla alcance una presión y temperatura elevada, generando una mezcla homogénea, para finalmente colocarlo en nuestras placas y esperamos a que se solidifique tomando un color amarillo ceroso.

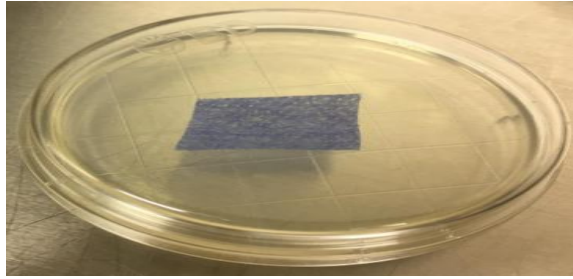


**Figura 11-2.** Técnica de siembra en superficie.

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

El cultivo se lo va a realizar por medio de la técnica: de contacto, la cual consiste en tomar nuestras muestras en este caso pedazos de batas de aproximadamente 150mm de cada lado y colocarlos con la ayuda de una pinza para minimizar la manipulación pues esta puede llegar a modificar nuestros datos, en cada uno de las placas con sus respectivos agares solidificados, y realizar una leve presión, con la ayuda de un cronometro vamos a esperar un minuto para después retirar cada muestra y sellarla en una bolsa ziplock individualmente, es importante recalcar que todo este proceso se realiza dentro de la cabina de seguridad biológica, pues de esta forma vamos a trabajar en un espacio estéril, muy importante al momento de realizar los cultivos, además de trabajar con la lámpara de alcohol prendida, y llevar nuestra pinza luego de cada manejo de muestras a la flama directamente, con el fin de tener un ambiente incluso más limpio, de igual manera este procedimiento se va a repetir tanto para pruebas pre-irradiación y post-irradiación.



**Figura 12-2.** Técnica de contacto en las placas Rodac:

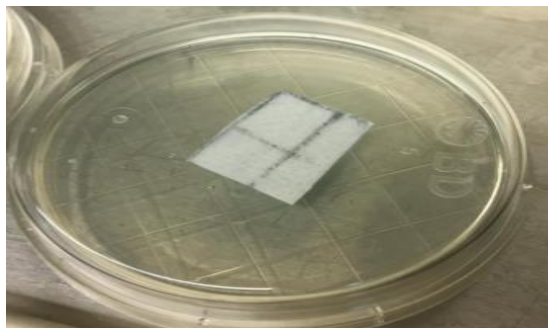
**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

### 2.4.3. Mascarillas

En la actualidad la mascarilla ha sido parte de nuestros días, para esto vamos a utilizar un lote en total de 15 mascarillas, las cuales fueron cedidas por el personal médico del Centro de Salud de la Medalla Milagrosa en la ciudad de Ambato, las mascarillas son exclusivamente de uso médico, es decir no se utilizó otro tipo de mascarillas.

Para la elaboración de un cultivo microbiano que permitiese el crecimiento exponencial de bacterias, fue necesario utilizar un agar nutritivo  $6.21 \pm 0.1$  para que este pueda salificarse, para esto se mezcló en un matraz con  $270 \pm 0.1$  ml de agua destilada, este dato se obtuvo debido a la relación que nos muestra el empaque del agar de 23 gramos por un litro de agua destilada (100ml), para luego ser sellado con papel aluminio y colocarlo en la máquina del autoclave, para que se llegue a mezclar bien y nos brinde un líquido amarillo translucido muy claro, nos acercamos a la cabina de seguridad biológica con nuestra lámpara de alcohol prendida para siempre poder flamear nuestras herramientas que vayamos a tener en contacto con el cultivo tanto de forma directa o indirecta, colocamos con mucho cuidado el agar nutritivo en cada una de las placas Rodac, luego las cerramos y esperamos que se solidifique.



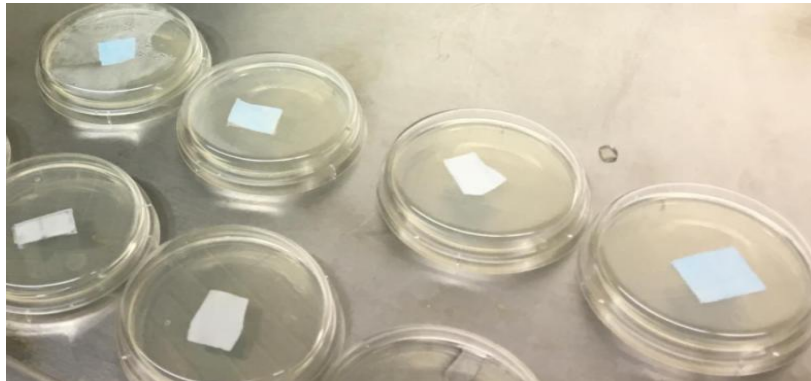
**Figura 13-2.** Técnica de contacto, en las placas Rodac para mascarillas:

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.

La técnica que vamos a emplear para generar el cultivo microbiano va a ser: Por Contacto, esto debido a que vamos a tomar una superficie plana como muestra, procedemos a extraer los 15 trozos de mascarillas cortadas cada uno de ellos en el centro en forma cuadrada de 10mm por cada lado, las ponemos en contacto con el interior de cada una de las placas por un minuto, esto lo haremos con la ayuda de una pinza la cual flamearemos constantemente por 30 segundos teniendo un descanso de 45 segundos para que se enfríe, esto con el fin de que no se mezclen los diferentes patógenos entre cada muestra, luego retiraremos los trozos y serán depositados en fundas diferentes de ziplock.

Finalmente vamos a llevar nuestras placas Rodaac, a la estufa bacteriológica a una temperatura aproximada de  $36\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 48 horas, para luego ser analizadas cada una de nuestras muestras.



**Figura 14-2.** Placas Rodaac usando la técnica de contacto en cada mascarilla:

**Fuente:** Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Bacteriológicos.

**Realizado por:** Meza Adrian. 2021.



## CAPÍTULO III

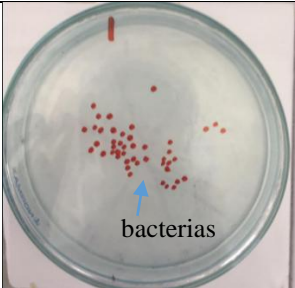
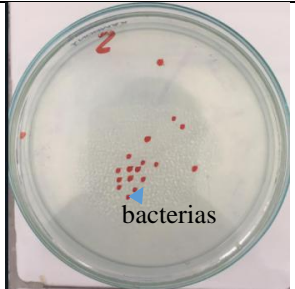
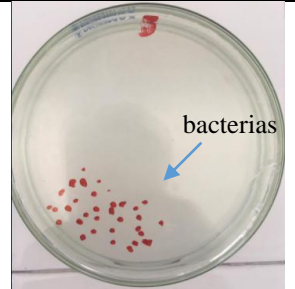
### 3. PRE-IRRADIACIÓN

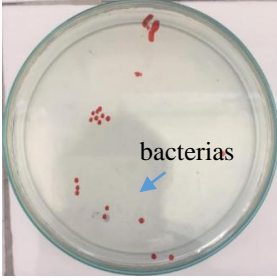
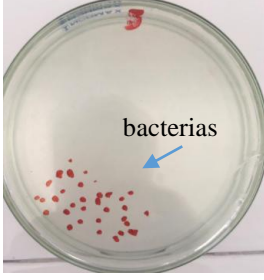
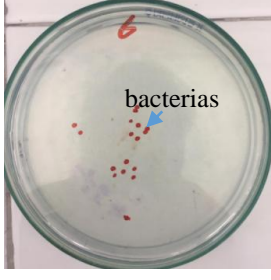
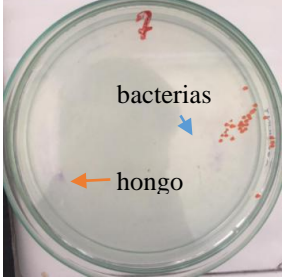

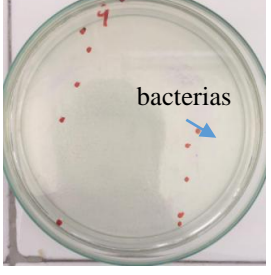
#### 3.1. Datos De Insumos Médicos Pre-Irradiados

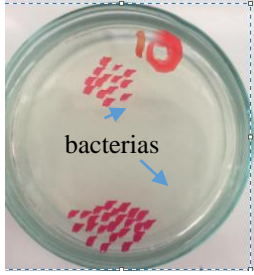
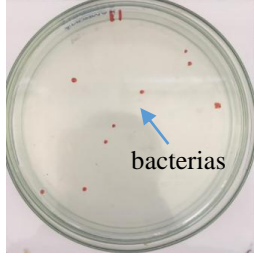
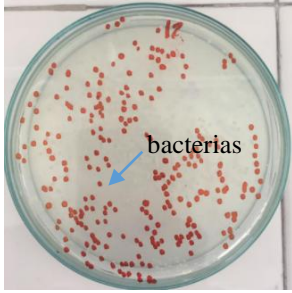
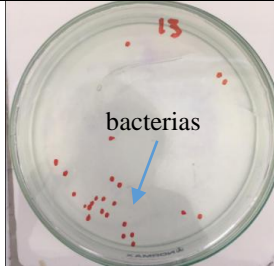
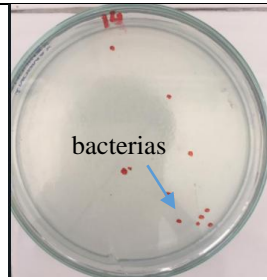
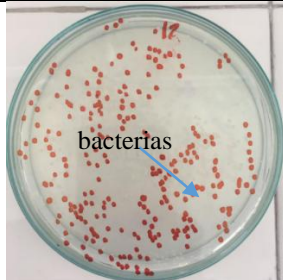
##### 3.1.1. Insumo Médico: Agujas

En las agujas vamos a utilizar la técnica de siembra descrita en el capítulo II, con el objetivo de realizar un cultivo microbiano.

**Tabla 1-3:** Conteo microbiológico de agujas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Siembra en Superficie

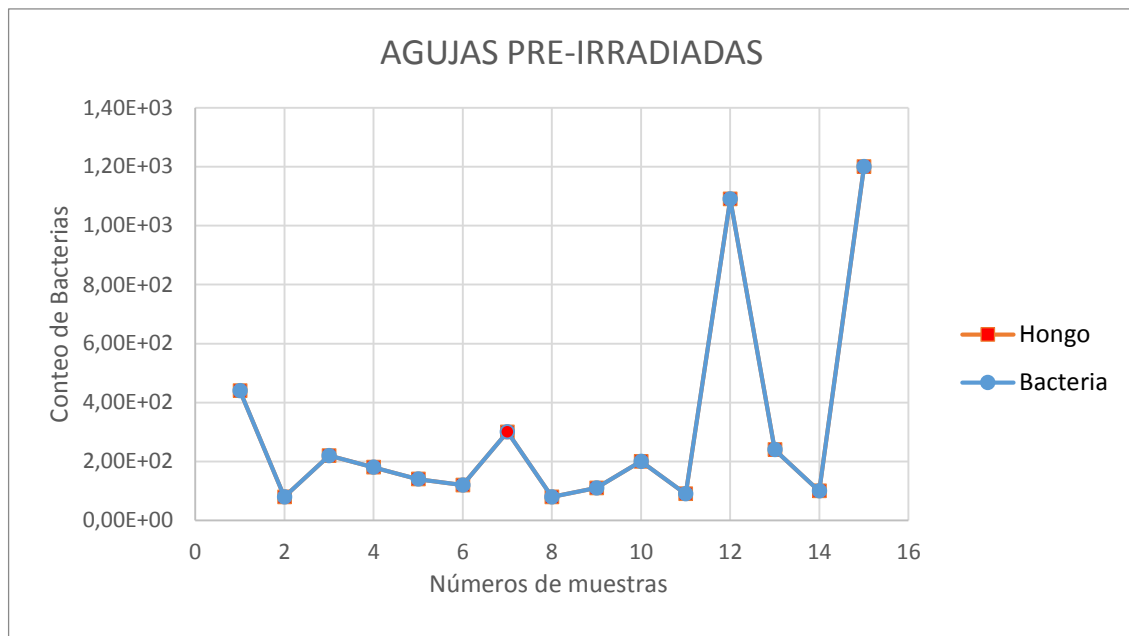
CULTIVO MICROBIOLÓGICO DE AGUJAS PRE-IRRADIADAS			
NÚMERO DE MUESTRA DE AGUJA	NÚMERO DE COLONIAS	PRESENCIA DE OTRO CONTAMINANTE	FOTOGRAFÍA
• 1	• $44 \times 10^1$	• Ninguno	
• 2	• $8 \times 10^1$	• Ninguno	
• 3	• $22 \times 10^1$	• Ninguno	

• 4	• $18 \times 10^1$	• Ninguno	
• 5	• $14 \times 10^1$	• Ninguno	
• 6	• $12 \times 10^1$	• Ninguno	
• 7	• $30 \times 10^1$	• Hongo	
• 8	• $8 \times 10^1$	• Ninguno	
• 9	• $11 \times 10^1$	• Ninguno	

• 10	• $20 \times 10^1$	• Ninguno	
• 11	• $9 \times 10^1$	• Ninguno	
• 12	• $109 \times 10^1$	• Ninguno	
• 13	• $24 \times 10^1$	• Ninguno	
• 14	• $10 \times 10^1$	• Ninguno	
• 15	• $120 \times 10^1$	• Ninguno	

Realizado por: Meza, Adrian. 2021.

La interpretación de estos datos se la pudo obtener gracias a la herramienta Excel, para poder observar la relación entre cada muestra y la carga microbiana que posee la tabla 3-1, podemos deducir el número total de las muestras en este caso son 15, dándonos una idea general de la carga microbiana la cual son (4590 bacterias en total) las cuales tienen una forma circular definida y además un hongo que se presenta en la muestra número 7 el cual tiene una forma no definida:



**Gráfico 1-3:** Interpretación del conteo microbiológico de agujas pre-irradiadas en un agar nutritivo.

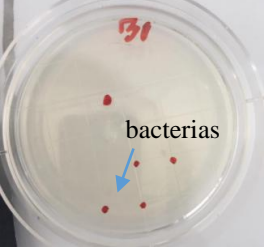
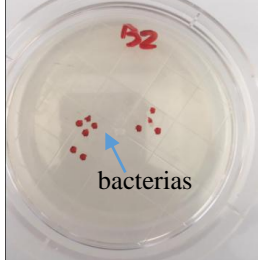
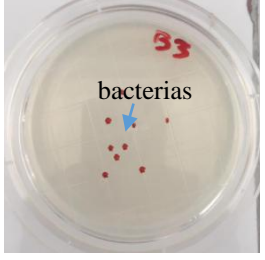
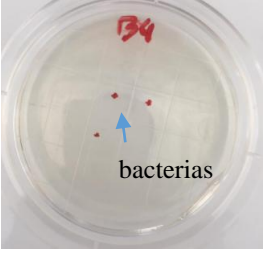
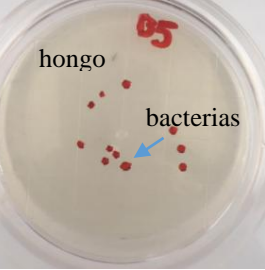
**Realizado por:** Meza, Adrian 2021.

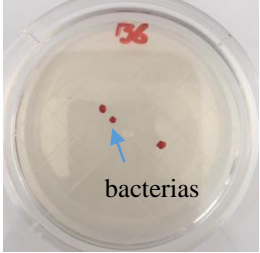

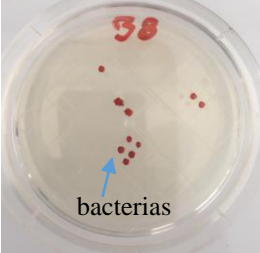
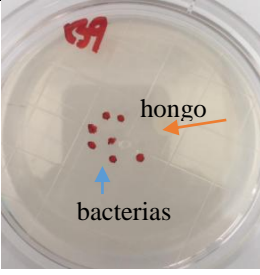
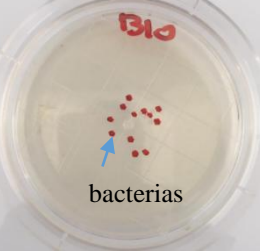
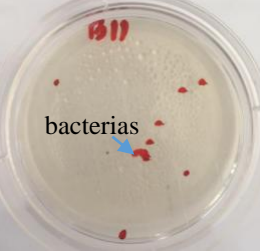
En el gráfico 1-3 se puede observar el número total de las muestras en este caso son 15 en el eje de la abscisa y el número de bacterias que se encuentra en el eje de la ordenada, en el cual la muestra número 15 posee 1200 bacterias siendo la muestra con mayor carga, la muestra número 2 posee 80 bacterias con una carga menor de bacterias en comparación con las 15 muestras trabajadas. Además, de la presencia de otros contaminantes como lo suelen ser los hongos que se presentaron únicamente en la muestra número 7.


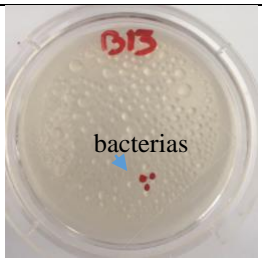
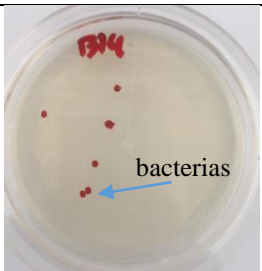
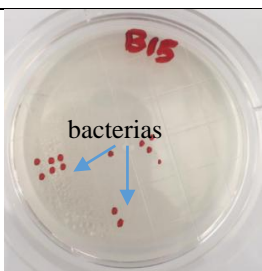
### 3.1.2. Insumo Médico: Batas

En este insumo médico vamos a utilizar la técnica por contacto, la cual se desarrolló en el capítulo II.

**Tabla 2-3:** Conteo microbiológico de batas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto:

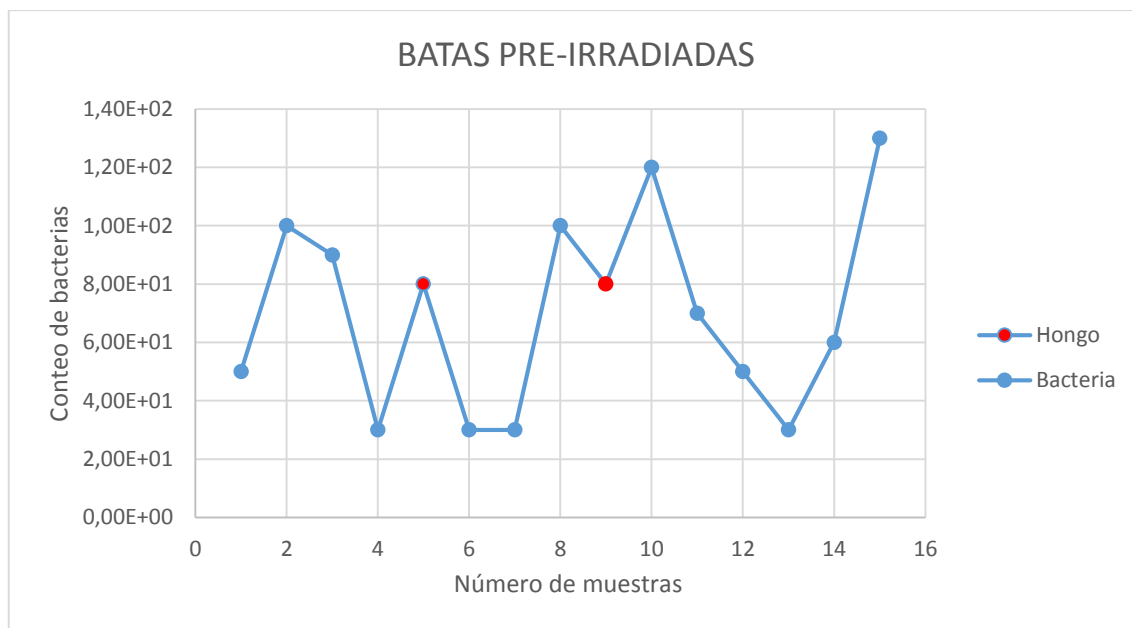
CULTIVO MICROBIOLÓGICO DE BATAS PRE-IRRADIADAS			
NÚMERO DE MUESTRA BATA	NÚMERO DE COLONIAS	PRESENCIA DE OTRO CONTAMINANTE	FOTOGRAFÍA
• 1	• $5 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish labeled '31' in red ink. It contains a nutrient agar medium with five distinct red bacterial colonies. A blue arrow points to one of the colonies, with the word 'bacterias' written below it.
• 2	• $10 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish labeled '32' in red ink. It contains a nutrient agar medium with ten distinct red bacterial colonies. A blue arrow points to one of the colonies, with the word 'bacterias' written below it.
• 3	• $9 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish labeled '33' in red ink. It contains a nutrient agar medium with nine distinct red bacterial colonies. A blue arrow points to one of the colonies, with the word 'bacterias' written below it.
• 4	• $3 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish labeled '34' in red ink. It contains a nutrient agar medium with three distinct red bacterial colonies. A blue arrow points to one of the colonies, with the word 'bacterias' written below it.
• 5	• $8 \times 10^1$	• Hongo	 A petri dish labeled '35' in red ink. It contains a nutrient agar medium with eight distinct red bacterial colonies and a white, fuzzy mold growth. A blue arrow points to one of the bacterial colonies, with the word 'bacterias' written below it. The word 'hongo' is written above the mold.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>3 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>3 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>10 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>8 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>12 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>7 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

• 12	• $5 \times 10^1$	• Ninguno	
• 13	• $3 \times 10^1$	• Ninguno	
• 14	• $6 \times 10^1$	• Ninguno	
• 15	• $13 \times 10^1$	• Ninguno	

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

En la tabla 2-3 y en el gráfico 2-3 se observan la relación entre cada muestra y la carga microbiana que poseen las batas, podemos observar el número total de las muestras en este caso son 15, dándonos una idea general de la carga microbiana, llegando a un total de 1050 bacterias, las cuales tienen una forma circular definida y dos muestras que poseen hongos 5 y 9 de forma no definida:



**Gráfico 2-3:** Interpretación del conteo microbiológico de batas pre-irradiadas en un agar nutritivo.

**Realizado por:** Meza, Adrian 2021.

El gráfico 2-3 muestra el número total de bacterias y hongos presentes en las 15 muestras de batas, en el eje de la abscisa se encuentran las 15 muestras a analizar y el número de bacterias en el eje de la ordenada, la muestra número 15 posee 130 bacterias siendo la muestra con mayor carga de bacterias, las muestras 4, 6 y 13 poseen 30 bacterias respectivamente con una carga menor en comparación con las 15 muestras trabajadas. Además de la presencia de otros contaminantes como los hongos que se hallaron en las muestras 5 y 9.

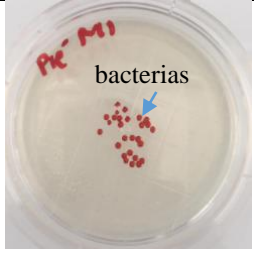
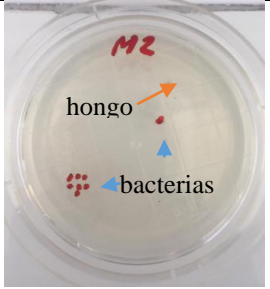
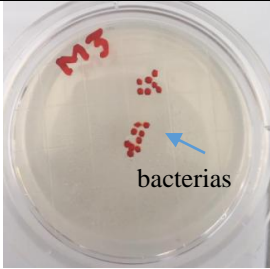
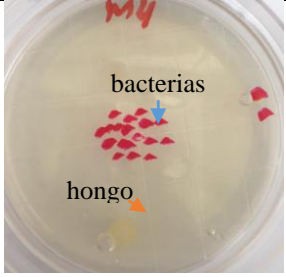
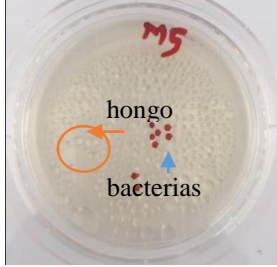
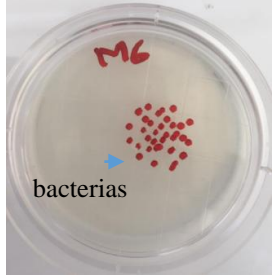
### 3.1.3. Insumo Médico: Mascarillas

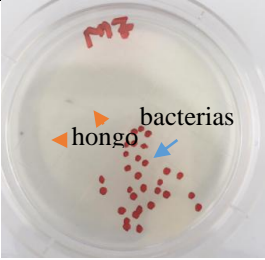
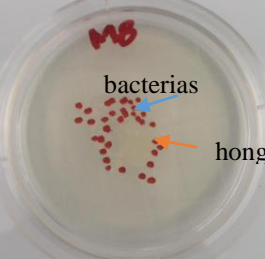
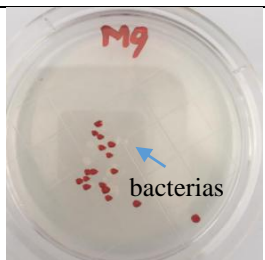

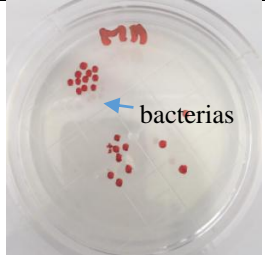
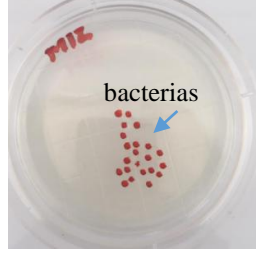
Para desarrollar el crecimiento microbiano se lo realizara como se explicó en la parte de técnicas para cultivo microbiano en el capítulo II.

**Tabla 3-3:** Conteo microbiológico de mascarillas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto:

CULTIVO MICROBIOLÓGICO DE MASCARILLAS PRE-IRRADIADAS			
NÚMERO DE MUESTRA DE MASCARILLA	NÚMERO DE COLONIAS	PRESENCIA DE OTRO CONTAMINANTE	FOTOGRAFÍA



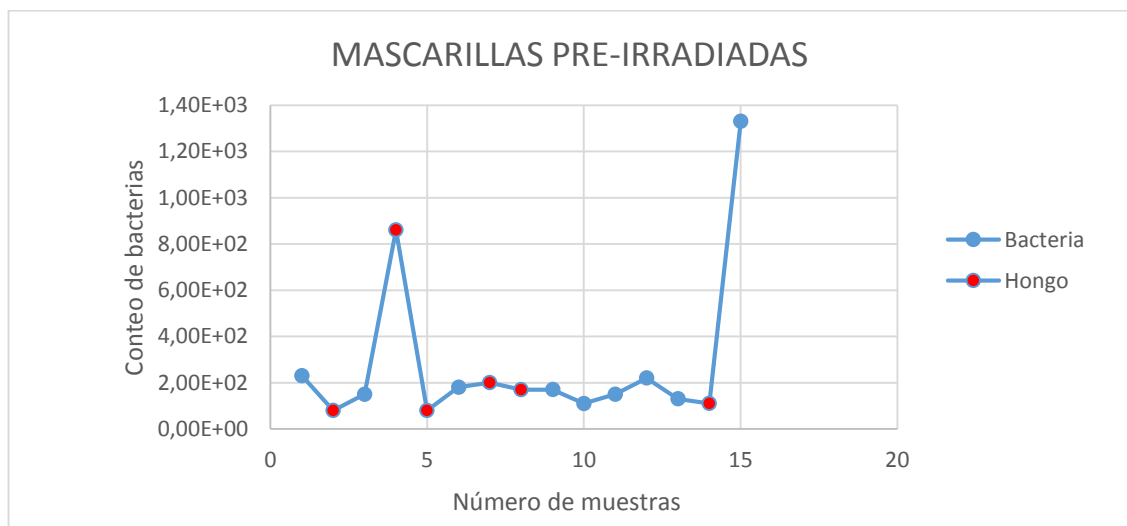
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>23 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>8 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>15 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>86 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>8 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>18 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

• 7	• $20 \times 10^1$	• Hongo	
• 8	• $17 \times 10^1$	• Hongo	
• 9	• $17 \times 10^1$	• Ninguno	
• 10	• $11 \times 10^1$	• Ninguno	
• 11	• $15 \times 10^1$	• Ninguno	
• 12	• $22 \times 10^1$	• Ninguno	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>13 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>11 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>133 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

En la tabla 3-3 se observa la relación entre cada muestra y la carga microbiana que posee, y podemos deducir el número total de las muestras en este caso son 15, dándonos una idea general de la carga microbiana la cual son 4170 bacterias en total mismas que tienen una forma circular definida y seis muestras que poseen hongos que se caracterizan por una forma no definida:



**Gráfico 3-3:** Interpretación del conteo microbiológico de mascarillas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto:

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

En el gráfico 3-3 se observó el número total de las muestras en este caso son 15 en el eje de la abscisa y el número de bacterias que se encontró en el eje de la ordenada, la muestra número 15 posee 1330 bacterias siendo la muestra con mayor carga, las muestras 2 y 5 poseen 80 bacterias respectivamente con una carga menor en comparación con las 15 muestras trabajadas. Además de la presencia de otros contaminantes como lo son los hongos, los cuales se hallaron en las muestras 2,4,5,7,8 y 14.

### 3.2. Cálculos para irradiación y Discusión

Para poder calcular la dosis absorbida usando los electretes, vamos a utilizar la siguiente ecuación:

*Ecuación 1-3: Cálculos de Dosis para electrete*

$$R = \frac{f * v}{C(1 + E_m \frac{d_p}{d_e})}$$

Fuente: (Kotrappa, 2021, p.30).

Donde:

f= factor de conversión  $34,233 \times 10^{-12}$  [C/mGy\*ml].

v= volumen del electrete a presión y temperatura ambiente [ml].

C= capacitancia del sistema [pF].

Em= constante dieléctrica del material.

dp= distancia entre cargas probe y el electrete [cm].

de= espesor del electrete [cm].

Para nuestros datos utilizados, se utilizó el teflón con una constante de aproximadamente 2, una capacitancia de 54[pF], generándonos la siguiente tabla:

**Tabla 4-3:** Dosis arrojada según la ecuación (8), usando electretes.

V	De	dp	Respuesta de electrete	
MI	Cm	cm	V/mGy	
23,30		0,15	3,85	0,28
23,30		0,15	3,85	0,28
23,30		0,15	3,85	0,28

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

En el presente trabajo se irradió los insumos médicos durante una hora tomando intervalos entre cada uno de estos de veinte minutos, el uso de los electretes fue de vital importancia para poder medir la dosis absorbida, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5-3:** Dosis absorbida medida a través de los electretes.

Dosis	Tiempo	Voltaje	Dosis	Dosis	Tasa de Dosis Absorbida	Tasa de Dosis Absorbida
identificador	Min	v	mGy	Gy	mGy/min	Gy/h
D0	0	0	0	0	0	0
D1	20	25	89,285	0,089	4,464	0,267
D2	40	36	128,57	0,129	6,122	0,368
D3	60	45	160,71	0,161	7,305	0,439

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

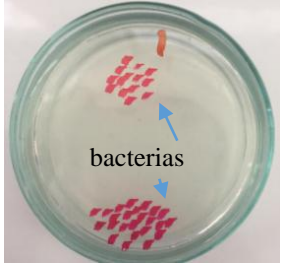
El presente trabajo permite observar que la dosis absorbida considerando diferentes tiempos, varía debido a que la dosis es proporcional al tiempo de exposición.

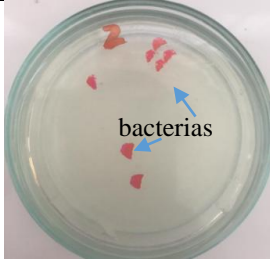


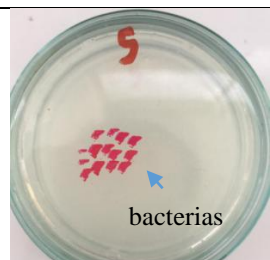
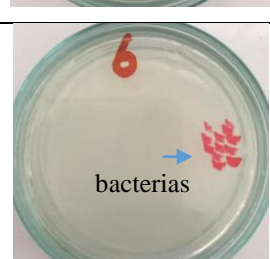
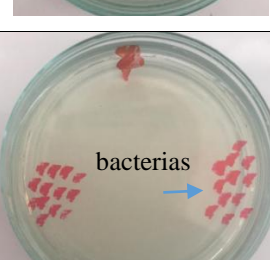
### 3.3. Datos de Insumos Médicos Post-Irradiados

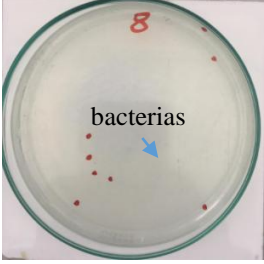
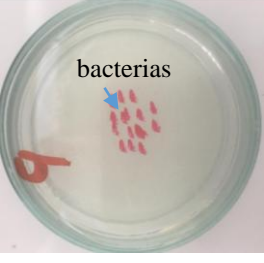
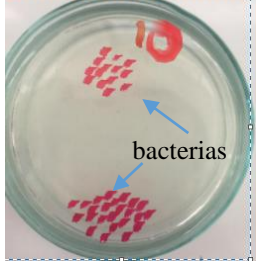
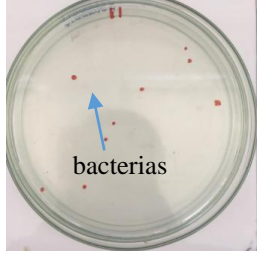
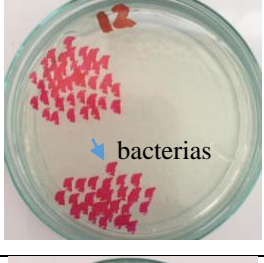
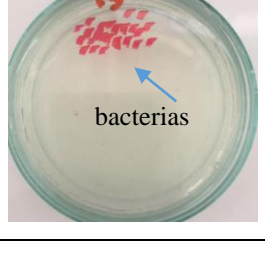
#### 3.3.1. Insumo médico Agujas

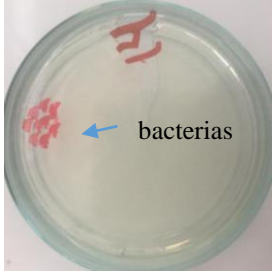
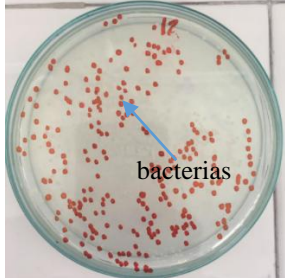
Para las agujas vamos a utilizar la técnica de sembrado en superficie, esto para obtener el cultivo microbiano de cada aguja después de exponerlas a radiación gamma, cabe resaltar que las agujas al momento de irradiar estaban colocadas sus respectivas cápsulas protectoras.

**Tabla 6-3:** Conteo microbiológico de agujas usando la técnica de siembra en superficie:

CULTIVO MICROBIOLÓGICO DE AGUJAS POST-IRRADIADAS			
NÚMERO DE MUESTRA DE AGUJA	NÚMERO DE COLONIAS	PRESENCIA DE OTRO CONTAMINANTE	FOTOGRAFÍA
• 1	• $38 \times 10^1$	• Ninguno	

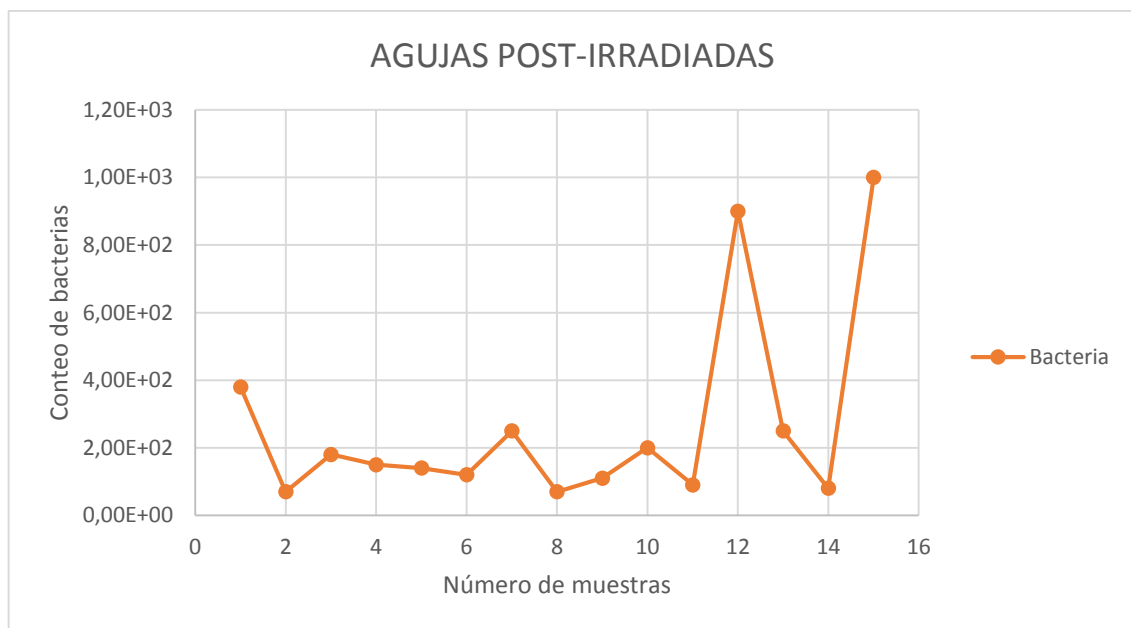
• 2	• $7 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish containing a white agar surface with two small, red, irregular bacterial colonies. A blue arrow points to the word "bacterias" in the center of the dish.
• 3	• $18 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish containing a white agar surface with three clusters of red bacterial colonies. A blue arrow points to the word "bacterias" in the center of the dish.
• 4	• $15 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish containing a white agar surface with four clusters of red bacterial colonies. A blue arrow points to the word "bacterias" in the center of the dish.
• 5	• $14 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish containing a white agar surface with five clusters of red bacterial colonies. A blue arrow points to the word "bacterias" in the center of the dish.
• 6	• $12 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish containing a white agar surface with six clusters of red bacterial colonies. A blue arrow points to the word "bacterias" in the center of the dish.
• 7	• $25 \times 10^1$	• Ninguno	 A petri dish containing a white agar surface with seven clusters of red bacterial colonies. A blue arrow points to the word "bacterias" in the center of the dish.

• 8	• $7 \times 10^1$	• Ninguno	
• 9	• $11 \times 10^1$	• Ninguno	
• 10	• $20 \times 10^1$	• Ninguno	
• 11	• $9 \times 10^1$	• Ninguno	
• 12	• $90 \times 10^1$	• Ninguno	
• 13	• $24 \times 10^1$	• Ninguno	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>8 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>100 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

En la tabla 6-3 se observa la relación entre cada muestra y la carga microbiana que poseen las 15 muestras, dándonos una idea general de la carga microbiana la cual son 3990 bacterias en total.



**Gráfico 4-3:** Interpretación del conteo microbiológico de agujas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de siembra en superficie:

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

En el gráfico 4-3, se muestran las 15 placas utilizadas para este estudio; en la muestra número 15 se observó 1000 bacterias siendo la de mayor carga, las muestras 2 y 8 poseen 70 bacterias respectivamente con una carga menor en comparación con las 15 muestras trabajadas. Además, no se observa la presencia de otros contaminantes.

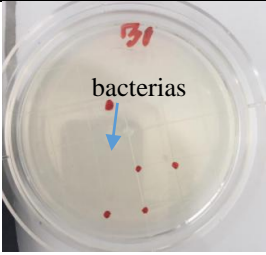


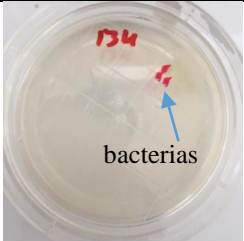


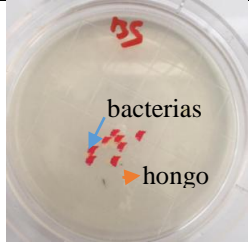
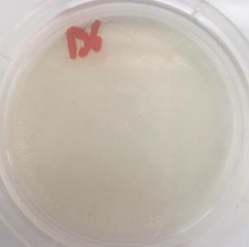
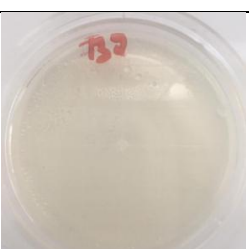

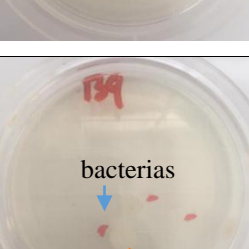

### 3.3.2. Insumo Médico Batas Post-Irradiadas


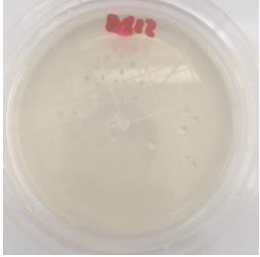
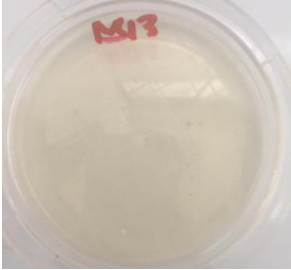

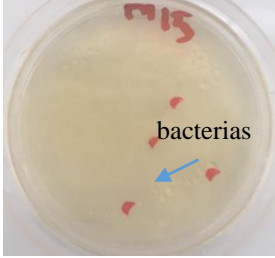
El presente trabajo, analizó las muestras de varias mascarillas usando la técnica de siembra por contacto, la cual se puede apreciar en el capítulo II.

Arrojando la siguiente tabla de datos:

**Tabla 7-3:** Conteo microbiológico de batas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto:

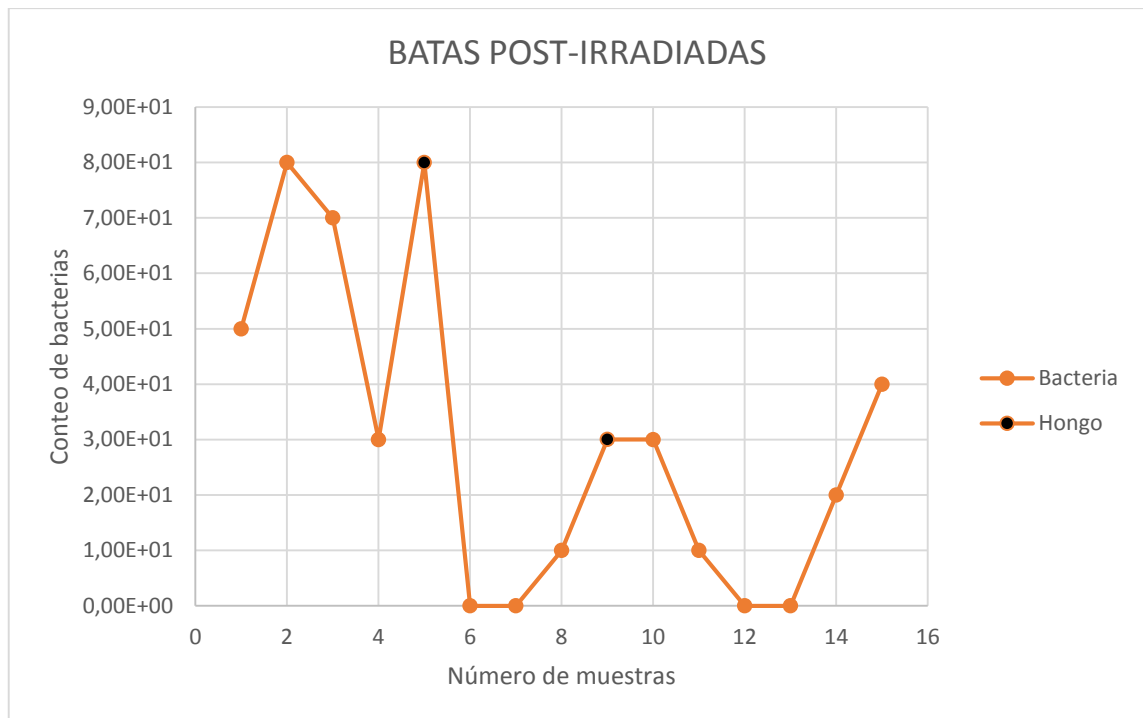
CULTIVO MICROBIOLÓGICO DE BATAS POST-IRRADIADAS				
NÚMERO DE MUESTRA BATA	DE	NÚMERO DE COLONIAS	DE PRESENCIA DE OTRO CONTAMINANTE	FOTOGRAFÍA
• 1		• $5 \times 10^1$	• Ninguno	
• 2		• $8 \times 10^1$	• Ninguno	
• 3		• $7 \times 10^1$	• Ninguno	
• 4		• $3 \times 10^1$	• Hongo	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>8 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>1 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>3 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>3 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

• 11	• $1 \times 10^1$	• Ninguno	
• 12	• Ninguno	• Ninguno	
• 13	• Ninguno	• Ninguno	
• 14	• $2 \times 10^1$	• Ninguno	
• 15	• $4 \times 10^1$	• Ninguno	

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

Se puede observar la relación entre cada muestra y la carga microbiana en la tabla 7-3 donde se aprecia el número total de las muestras, dándonos una idea general de la carga microbiana 450 bacterias en total, las cuales tienen una forma circular definida y dos muestras que poseen hongos de forma no definida:



**Gráfico 5-3:** Interpretación del conteo microbiológico de batas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto:


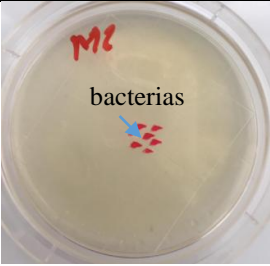
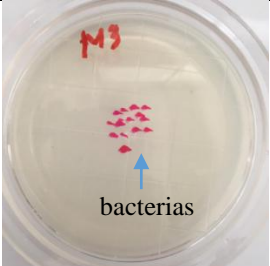
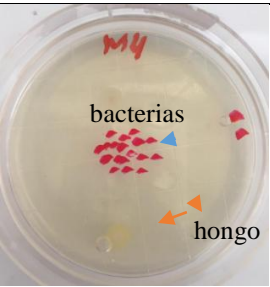
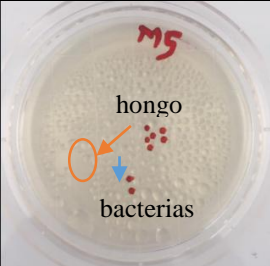
**Realizado por:** Meza, Adrian 2021.

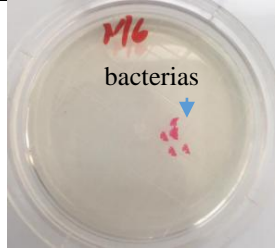
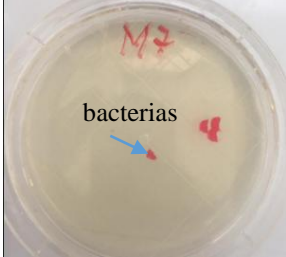




El gráfico 5-3 se pudo muestra el número total de las muestras en este caso son 15 en el eje de la abscisa y el número de bacterias encontradas en el eje de la ordenada, las muestras 2 y 5 poseen 80 bacterias siendo la muestra con mayor carga de bacterias, las muestras 6,8,12 y 14 poseen 0 bacterias respectivamente con una carga nula en comparación con las 15 muestras trabajadas. Además de la presencia de otros contaminantes como los hongos que se hallaron en las muestras 5 y 9.

### 3.3.3. Insumo Médico: Mascarillas Post-Irradiadas

Para desarrollar el crecimiento microbiano se lo realizó como se explicó en la parte de técnicas para cultivo microbiano en el capítulo II.

**Tabla 8-3:** Conteo microbiológico de mascarillas pre-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica por Contacto:

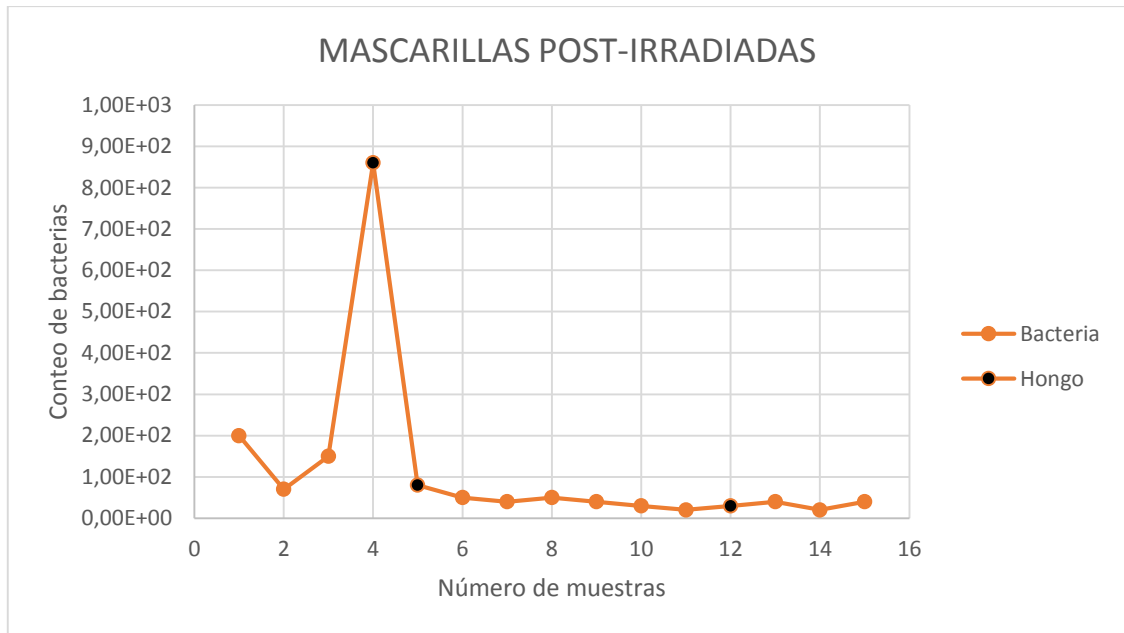
CULTIVO MICROBIOLÓGICO DE MASCARILLAS POST-IRRADIADAS			
NÚMERO DE MUESTRA DE MASCARILLA	NÚMERO DE COLONIAS	PRESENCIA DE OTRO CONTAMINANTE	FOTOGRAFÍA
• 1	• $20 \times 10^1$	• Ninguno	
• 2	• $7 \times 10^1$	• Hongo	
• 3	• $15 \times 10^1$	• Ninguno	
• 4	• $86 \times 10^1$	• Hongo	
• 5	• $8 \times 10^1$	• Hongo	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>5 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>4 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>5 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>4 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>3 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>2 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>3 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hongo</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>4 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>2 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>4 \times 10^1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>	

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

Para poder observar la relación entre cada muestra y la carga microbiana que posee, se diseña la tabla 8-3 en donde el número total de las muestras en este caso son 15, dándonos una idea general de la carga microbiana la cual son 1720 bacterias en total, mismas que las cuales tienen una forma circular definida y cuatro muestras que poseen hongos con cual una forma no definida:



**Gráfico 6-3:** Interpretación del conteo microbiológico de mascarillas post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto:

**Realizado por:** Meza, Adrian 2021.

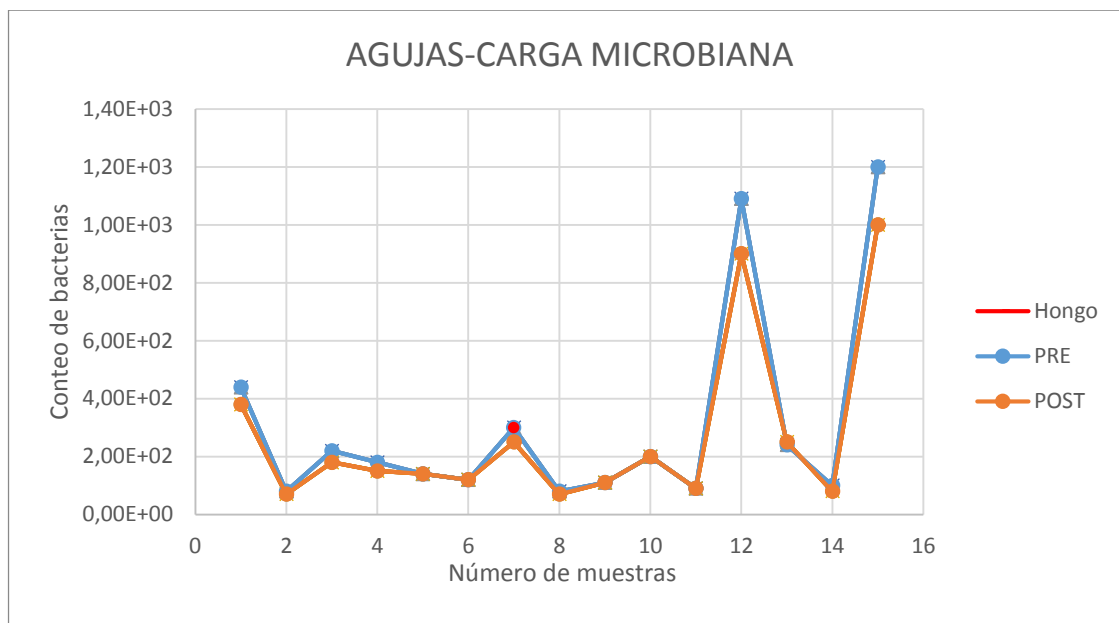
En el gráfico 6-3 se pudo encontrar el número total de las muestras en este caso son 15 y el número de bacterias, la muestra número 4 posee 860 bacterias siendo la muestra con mayor carga, las muestras 11 y 14 poseen 20 bacterias. Además de la presencia de hongos, los cuales se hallaron en las muestras 4, 5 y 12.

### 3.4. Discusión de Cargas Microbianas en los Insumos Médicos

#### 3.4.1. Insumo Médico: Agujas

Para el experimento se procedió a irradiar quince muestras de agujas con sus respectivas cápsulas, teniendo todo el lugar de trabajo completamente esterilizado, además de que cada veinte minutos se retiraban cinco muestras y así consecutivamente hasta llegar a una hora, como se puede visualizar en el Anexo D.





**Gráfico 7-3:** Interpretación del conteo microbiológico de agujas en pruebas pre y post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Siembra en superficie:

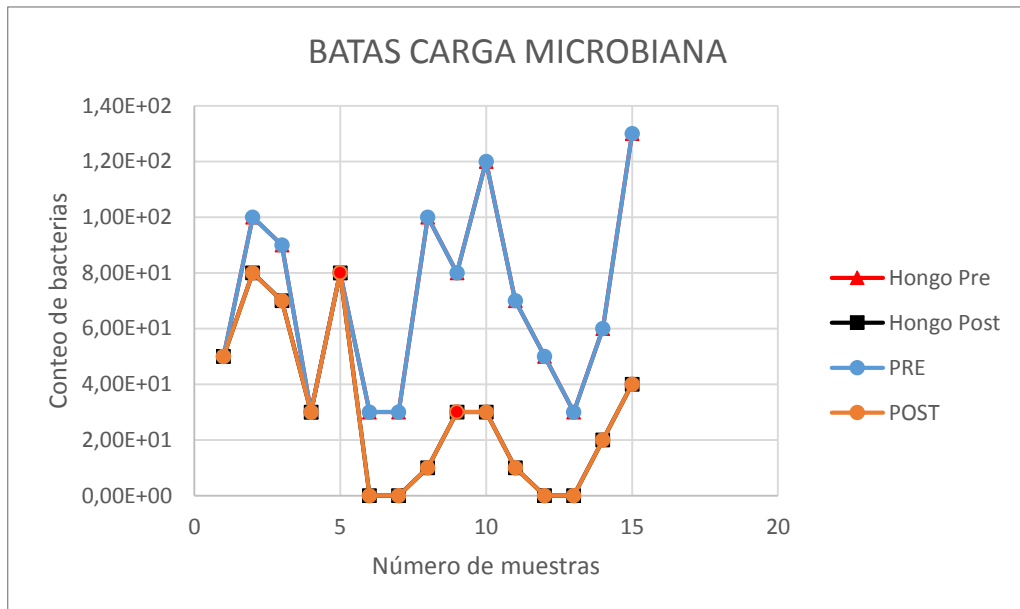
**Realizado por:** Meza, Adrian 2021.

Las tablas 1-3 y 6-3 respectivamente nos muestran el conteo de cada muestra, generándonos la gráfica 7-3 la cual nos indica que en los primeros veinte minutos de exposición a la fuente radiactiva tuvo una disminución bacteriana, en las muestras 1, 2, 3, 4 de 13.64%, 12.50%, 18.18%, 16.67%, respectivamente dándonos una tasa de reducción de 13.21% considerando esta reducción leve, al transcurrir los 40 minutos se procedió a retirar el siguiente lote de muestras demostrando una reducción de bacterias en las muestras 7 y 8, de ( 16.67%, 12.50%) generando una tasa de reducción del 7.41% el cual fue deficiente debido a la naturaleza de la fuente, al pasar la hora hubo una disminución en las últimas cinco muestras 12, 13, 14 y 15 de (17.43%, 4.17%, 20% y 16.67%) cada uno con una tasa del 14.71% observando mayor eficacia en la reducción bacteriana. En las muestras: 5, 6, 9, 10 y 11 no se generó ninguna reducción.

Podemos observar según el gráfico 7-3, que la reducción microbiana que llega a existir en ciertas muestras, pero es mínima y no repercute para poder especificar que existe una esterilización adecuada por estar por debajo de los márgenes aceptables según la norma ISO 11137-1 y la norma Pautas para esterilización por radiación industrial de productos médicos desechables (cobalto-60 irradiación gamma), teniendo un mínimo aceptable de una colonia microbiana por área estudiada, es decir 1 ítem por cada 10.000.

### 3.4.2. Insumo Médico: Batas

En el experimento se irradiaron quince muestras de batas y se limpió a fondo todo el lugar de trabajo, además se sacaron cinco muestras cada veinte minutos, y así sucesivamente hasta una hora, como se muestra en el anexo D.



**Gráfico 8-3:** Interpretación del conteo microbiológico de batas en pruebas pre y post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto:

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

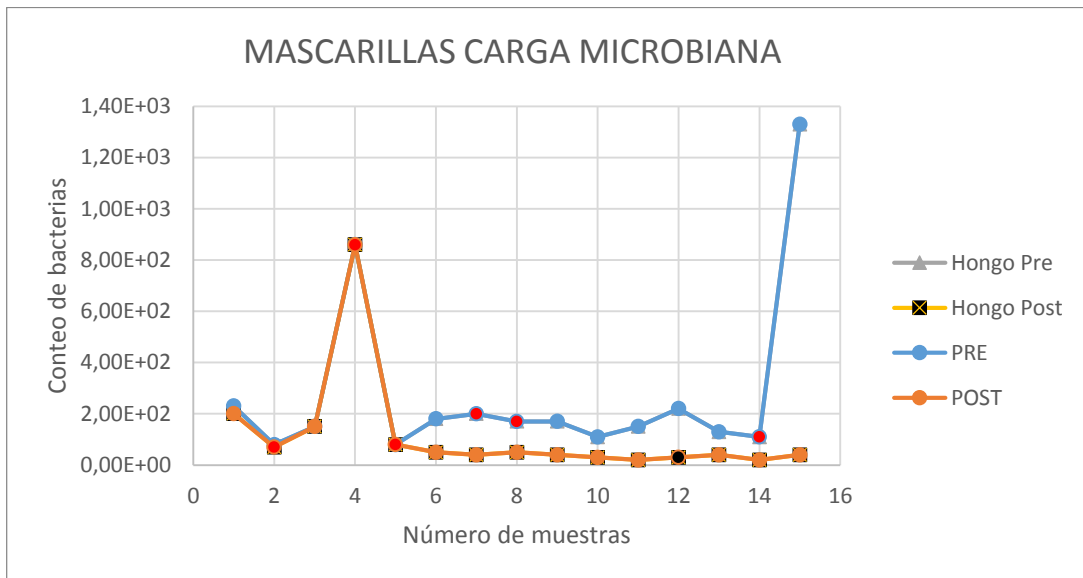
En las tablas 2-3 y 7-3 se aprecia el conteo bacteriano tanto para los ensayos pre y post irradiación, arrojando los resultados que se observa en el gráfico 8-3, en las cinco primeras muestras de batas, las cuales fueron tomadas al transcurrir solo veinte minutos aproximadamente de irradiación, se observa una reducción microbiana en los lotes de muestras números 2 y 3 de 20%, 22.22% cada uno interpretando su tasa de reducción alrededor del 11.43%, sin embargo pasado cuarenta minutos se tomaron las muestras desde la sexta hasta la décima, su reducción fueron: 100%, 100%, 90%, 62.50% y 75%, mostrando una reducción notable en su carga microbiana del 80.56%, que aún son valores no aceptables según la norma ISO 11131, para los últimos veinte minutos, se obtuvo 85.71%, 100%, 100%, 66.67% y 69.23% se puede observar una reducción con una tasa de 79.41% de bacterias, esto sucedió con las últimas cinco muestras.

En las muestras 1, 4 y 5 no hubo algún cambio biológico.

Existe una reducción en las muestras 6,12 y 13 del 100% llegando a ser esta una reducción eficaz.

### 3.4.3. Insumo Médico: Mascarillas

En el presente trabajo, se procedió a irradiar quince muestras en total, las cuales fueron irradiadas cada una de forma secuencial del menor al mayor y cada cinco muestras se empezó a realizar su respectivo post-crecimiento microbiano, esto se realizó cada veinte minutos en un periodo de una hora aproximadamente.



**Gráfico 9-3:** Interpretación del conteo microbiológico de mascarillas en pruebas pre y post-irradiadas en un agar nutritivo usando la Técnica de Contacto:

Realizado por: Meza, Adrian 2021.

Analizando las tablas 3-3 del conteo pre irradiación y 8-3 del ensayo post irradiación, las cinco primeras muestras presentan un cambio de 13.04%, 12.50% con una tasa de reducción bacteriana del 2.86%, la dosis administrada es ineficiente, a partir de la sexta hasta la décima muestra apreciamos una reducción de la carga microbiana del 72.22%, 80%, 70.59%, 76.47% y 72.73%, equivalente a una tasa de reducción del 74.70%, a partir de la décimo primera hasta la última muestra, podemos declarar que existe una reducción notable (86.67%, 86.63%, 69.23%, 81.82% y 96.99%) generando una tasa de 92.27%, valores que no están con dentro de la norma establecida. Además de la aparición de un hongo en la muestra número 12 luego de ser expuesto a la radiación.

## CONCLUSIONES

- Se ha determinado que si llega a existir un efecto microbiológico en los diferentes insumos médicos empleados en el estudio (agujas, mascarillas y batas), empleando diferentes dosis, a partir de nuestra fuente radiactiva.
- Las batas y mascarillas tuvieron una mejor respuesta frente a las diferentes dosis, con una tasa de 80.56% y 74.70%, en un tiempo estimado de 40 minutos aproximadamente, y en las mascarillas transcurrida la hora de exposición tiene una tasa de eficacia del 92.27%, pero son valores que no satisfacen los estándares según la Norma ISO 11131 y Pautas para esterilización por radiación industrial de productos médicos desechables (cobalto-60 irradiación gamma).
- A diferentes tasas de dosis con intervalos de veinte minutos de exposición, la dosis absorbida no es suficiente para poder disminuir la carga microbiana, pero se aprecian una considerable disminución de hongos y bacterias en las muestras analizadas a partir de los siguientes veinte minutos. Además, tenemos que recalcar que no se pudo eliminar a los hongos completamente en agujas mientras que las batas y mascarillas si existe una disminución.
- Tras el análisis se determinó que la fuente radiactiva con los intervalos de tiempo tomados o con el diseño experimental propuesto no es ciento por ciento confiable al momento de realizar una esterilización, esto debido a que la fuente no es mono-energética, los cuales repercuten al momento del diseño experimental, no obstante, es factible demostrar que si puede llegar a existir un cambio biológico al momento de ser expuesto.

## **RECOMENDACIONES**

- Es aconsejable el uso del equipo para protección radiológica para prevenir lesiones.
- Se recomienda tener un ambiente de trabajo estéril, pues las muestras pueden llegar a infectarse con gran facilidad y esto podría llegar a afectar nuestros datos recopilados.
- Es recomendable usar un laboratorio de bacteriología para poder realizar los cultivos microbiológicos, pues estos proveen de los materiales y la asepsia para realizar este tipo de pruebas.
- Se recomienda no estar expuestos mucho tiempo a la fuente sino solo lo requerido para no tener inconvenientes en la salud.

## GLOSARIO

**Absorbida:** El termino absorber hace referencia a atraer un cuerpo ya sea sólido, líquido a gaseoso hacia alguna parte en específico, en física el termino absorbida hace connotación a que un cuerpo pueda adquirir ciertas características como lo son las vibraciones y radiación (Freedictionary.com, 2021, p.3).

**Campo Magnético:** Es un espacio en el cual tienen propiedades físicas debido al flujo magnético que pueda existir en un cuerpo, hay que resaltar que en dicho campo existe una fuerza ya sea de atracción o repulsión, lo que le da una característica vectorial (Significados.com, 2021, p.3).

**Carga Microbiana:** La carga microbiana hace referencia al número y/o caracterización de ciertos microorganismos que han infectado un objeto (Boletinagro.com, 2021, p.2).

**Insumo:** Este término hace referencia a todo el material (físico) que se lo puede utilizar para un fin específico (Definicionabc.com, 2021, p.2).

**Iones:** Hace referencia a un átomo o un grupo de átomos con diferentes cargas positivas (cationes) y negativas (aniones) (Medlineplus.gov, 2021, p.1).

**Polímero:** El termino hace referencia a un compuesto el cual es producido ya sea de forma natural o sintética a partir de un proceso llamado polimerización, el cual consiste básicamente en la repetición de varias unidades estructurales (definicion.de, 2021, p.2).

**Radiación:** Es una forma de emisión, propagación de energía la cual es transferida en cualquier medio, en forma de ondas electromagnéticas o partículas (Foronuclear.org, 2021, p.4).

**Radioactividad:** Es una reacción nuclear la cual consiste en una descomposición espontanea de un radionúclido el cual es inestable, al momento de decaer este suele emitir radiación, decayendo en un elemento más estable, a este fenómeno de decaimiento se lo atribuye la radioactividad (Foronuclear.org, 2021, p.3).

## BIBLIOGRAFÍA

**ACOSTA, SILVIA y ANDRADE, VALESKA.** *Manual de Esterilización para Centros de Salud*. 12. Washington DC - United States of America: Organización Panamericana de la Salud. 2008, ISBN 9789275329269.

**ADRIANA C RINCÓN, ROCÍO HERRERO, JOSÉ RODRÍGUEZ, MATILDE ALONSO, IRENE MOLINA.** "Influencia de la radiación gamma como método de esterilización sobre el polímero poli VPAVG (Valina-Prolina-Alanina-Valina- Glicina)". *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel* [en línea], 2009, (United States of America) vol. 1, pp. 10. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en:  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-04772009000100005&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-04772009000100005&script=sci_arttext&tlng=en).

**ALVAREZ ERAZO, PABLO ALEJANDRO.** "Evaluación fenotípica de dos generaciones de plantas de arveja ( *pisum sativum* L.) provenientes de semillas irradiadas con rayos gamma para identificar resistencia a *Ascochyta* spp". *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* [en línea], 2013, (México) pp. 1-25. Disponible en:  
<https://es.scribd.com/document/370661237/Tesis-Evaluacion-Fenotipica-de-Dos-Generaciones-de-Plantas-de-Arveja-Provenientes-de-Semillas-Irradiadas-Con-Rayos-Gamma>.

**ANDISCO, D., BLANCO, S. y BUZZI, A.E.** "Dosimetría en radiología". *Revista Argentina de Radiología*, 2014, vol. 78, no. 2, pp. 114-117. ISSN 18529992. DOI 10.1016/j.rard.2014.06.010.

**ANMAT.** "Farmacopea Argentina". FARMACOPEA ARGENTINA [en línea], 2014, (Argentina) vol. III, pp. 620-621. Disponible en:  
[http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/flip\\_pages/Farmacopea\\_Vol\\_III/files/assets/basic-html/page9.html](http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/flip_pages/Farmacopea_Vol_III/files/assets/basic-html/page9.html).

**ATTLX, FRANK HERBERT.** *introduction to radiological physics and radiation dosimetry* [en línea]. Berlin - Alemania: Die Deutsche Bibliothek. 1979, Disponible en:  
<http://dnb.ddb.de>.

**BARROS DIOS, JUAN MIGUEL.** "El radón: ¿riesgo para la salud?" *Universidad de Santiago de Compostela*, 2011, vol. 1, pp. 27-30.

**BAUER, GEORG.** "El Uranio un elemento poco conocido". SNE [en línea], 2005, (Colombia) pp. 6. Disponible en:  
[https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/55606/DEHE\\_Uranio.pdf;jsessionid=B4C0664640553B6F9F554F7AC1B42077?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/55606/DEHE_Uranio.pdf;jsessionid=B4C0664640553B6F9F554F7AC1B42077?sequence=1).

**BOLETINAGRIO.COM.** *carga microbiana - ¿Qué es carga microbiana? - significado, definición, traducción y sinónimos para carga microbiana.* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en: <https://boletinagrario.com/ap-6,carga+microbiana,1692.html>.

**BRITANIA, LABORATORIOS.** "Agar nutritivo spc". *britannialab*, vol. 1, (2015), (Argentina) pp. 10-11.

**CHERRY, ROBERT, UPTON, ARTHUR, LODDE, GORDON Y PORTER, SYDNEY.**  
"Radiaciones ionizantes." Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo [en línea], 2010, (United States of America) vol. 1, pp. 46. Disponible en:  
[file:///C:/Users/Nikolay/Desktop/documentos usados/Capítulo 48. Radiaciones ionizantes.pdf](file:///C:/Users/Nikolay/Desktop/documentos%20usados/Cap%C3%ADtulo%2048.%20Radiaciones%20ionizantes.pdf).

**DANIEL LUNA ZARAGOZA, LOURDES REYES FRÍAS, MARÍA ESTHER MARTÍNEZ PARDO.** "efecto de la radiación gamma sobre algunos injertos utilizados en aplicación clínica". Congreso Nacional de Química [en línea], 2003, (España) vol. 1, pp. 1-5. Disponible en: [file:///C:/Users/Nikolay/Downloads/efecto-de-la-radiacion-gamma-sobre-algunos-injertos-utilizados-en-aplicacion-clinica\\_compress.pdf](file:///C:/Users/Nikolay/Downloads/efecto-de-la-radiacion-gamma-sobre-algunos-injertos-utilizados-en-aplicacion-clinica_compress.pdf).

**DEFINICION.DE.** *Definición de polímeros - Qué es, Significado y Concepto.* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en: <https://definicion.de/polimeros/>.

**DEFINICIONABC.COM.** *Definición de Insumo » Concepto en Definición ABC.* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en:  
<https://www.definicionabc.com/general/insumo.php>.

**DELTALAB.ES.** *Asa de Digrafsky para extensiones. Estéril - Deltalab. Deltalab.es* [blog]. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.deltalab.es/producto/asa-de-digralsky-para-extensiones-esteril/>.

**DEVELOPMENT FOR CONTROL ROUTINE Y STERILIZATION.** "ISO 11137-1". INEN [en línea], 2014, (Ecuador) vol. 1, pp. 1-100. Disponible en: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec).



**ESALUDATE.COM.** *Las batas médicas, el vestuario imprescindible en el sector sanitario eSalúdate.* [blog]. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://esaludate.com/red/blog/157-las-batas-medicas-el-vestuario-imprescindible-en-el-sector-sanitario>.

**FORONUCLEAR.ORG.** *¿Qué sabes de la radiación? - Foro Nuclear.* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/que-sabes-de-la-radiacion/>.

**FREEDICTIONARY.COM.** *Absorbidas - significado de absorbidas diccionario.* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en: <https://es.thefreedictionary.com/absorbidas>.

**GALLUT, P.** Aislamiento y Cultivo de microorganismos asociados a oncoides de manantiales hidrotermales de Santispac, Bahía Concepción, B.C.S., México [en línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, México. 2016. pp. 1-70 [Consulta: 4 abril 2021]. Disponible en: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/548>.

**GEIGERCOUNTERS.COM.** *Ranger EXP Geiger Counter with External Probe.* *geigercounters.com* [blog]. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.geigercounters.com/EXP/>.

**GUERRERO, SANTIAGO.** "Coronavirus en Ecuador: una opinión desde la Academia". La Granja revista de Ciencias de la Vida [en línea], 2020, (Ecuador) vol. 1, pp. 1-10. Disponible en: [https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/covid\\_esp.pdf](https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/covid_esp.pdf).

**GUTIÉRREZ DE GAMBOA, SOFIA.** "Métodos de esterilización (II)". *Laboratorio de Microbiología*, vol. 1, no. 158, (2001), (Venezuela) pp. 1-10. ISSN 02105020.

**IAEA.** "experiences in radiation sterilization of medical products". Vienna [en línea], 1974, (Italia) vol. 1, pp. 5-25. Disponible en: <https://www.iaea.org/publications/403/experiences-in-radiation-sterilization-of-medical-products>.

**INSTRUMENTOSDELABORATORIO.ORG.** *Pipeta instrumentosdelaboratorio.org* [blog]. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://instrumentosdelaboratorio.org/pipeta>.

**JÉSSICA VALERIA CHILUIZA SOLÓRZANO.** Evaluación de los efectos biológicos causados por diferentes dosis de radiación en sangre periférica [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 1-118. [Consulta: 21 mayo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14292>.

**KESLER, S.E.** "Guidelines for Industrial Radiation of Disposable Medical Products". *IAEA*, vol. 5, (1990), (Austria) pp. 1-26.

**KITLAB.EXA.UNICEN.EDU.AR.** *caja de petri | laboratorio de ciencias*. [kitlab.exa.unicen.edu.ar](http://kitlab.exa.unicen.edu.ar) [blog]. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: [https://kitlab.exa.unicen.edu.ar/caja\\_de\\_petri.html](https://kitlab.exa.unicen.edu.ar/caja_de_petri.html).

**KITLAB.EXA.UNICEN.EDU.AR.** *Mechero de alcohol | laboratorio de ciencias*. [kitlab.exa.unicen.edu.ar](http://kitlab.exa.unicen.edu.ar) [blog]. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: [https://kitlab.exa.unicen.edu.ar/mechero\\_de\\_alcohol.html](https://kitlab.exa.unicen.edu.ar/mechero_de_alcohol.html).

**KOTRAPPA, P.** "Review of Electret ion chamber technology for measuring technologically enhanced natural radioactivity". *Industry Lane, Frederick*, vol. 1, (2021), (India) pp. 1-54.

**KOTRAPPA, P. y GUPTA, C.** "x and gamma dose measurement using electrets". *Nuclear Technology Publishing*, vol. 2, (1982), (India) pp. 175-181.

**LABORATORIO BRITANIA S.A.** "Agua Peptonada". *Britania* [en línea], 2015, (Argentina) pp. 1-2. Disponible en: [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_5a280db392c81.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a280db392c81.pdf).

**LEMA LONDO, FERNANDA MARIBEL; y CUSHQUICULLMA COLCHA, LUIS FERNANDO.** "reducción del número de organismos de descomposición del *rubus glaucus benth* (mora de castilla) y *fragaria ananassa* (frutilla) producidas en la provincia de chimborazo, utilizando un acelerador de electrones" [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 1-70 [Consulta: 18 junio 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14285>.

**LEXICO.COM.** *Desplegar | Definición de Desplegar por Oxford Dictionary en Lexico.com y también el significado de Desplegar*. *Lexico.com* [blog]. [Consulta: 8 febrero 2021].

Disponible en: <https://www.lexico.com/es/definicion/desplegar>.

**MEDLINEPLUS.GOV.** *Iones: MedlinePlus enciclopedia médica*. [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002385.htm>.

**MEER.** "norma tecnica gestion desechos radiactivos". *Ministerio de Electricidad y Energia Renovable*, 2007, (Ecuador) pp. 1-39.

**MUKHERJE, R.N.** "Las radiaciones: Un medio de esterilización". Polyscience Publication Inc. [en línea], 1991, (United States of America) pp. 29-37. Disponible en: [https://www.iaea.org/sites/default/files/17605882837\\_es.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/17605882837_es.pdf).

**PANAMERICANA.** "Oficina Sanitaria y Regional, Oficina, Cabinas de seguridad biológica: Uso, desinfección y mantenimiento". *Organización Panamericana de la Salud*, vol.2, (2002), (Panamá) pp. 85.

**PÉREZ, JOSÉ.** "limpieza y desinfección. calidad microbiológica del ambiente, superficies y personal". *Laboratorio de Microbiologia - Limpieza y desinfección*, vol. 1, (2010), (Argentina) pp. 9.

**RADIACIÓN ESTERILIZACION POR Y ALGUNOS ASPECTOS TÉCNICO-OPERACIONALES.** "Esterilizacion por radiación: algunos aspectos técnico-operacionales". Foro Nuclear [en línea], 2017, (Argentina) pp. 1-2. Disponible en: <http://www.ionics.com.ar/prensa/Revista-SAFyBI-num.141-IONICS-Esterilizacion-irradiacion-aspectos-tecnico-operacionales.pdf>.

**RAMOS N, OSWALDO y VILLARREAL U, MANUEL.** "Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico". *Revista chilena de radiología* [en línea], 2013, (Chile) vol. 19, no. 1, pp. 5-11. [Consulta: 12 enero 2021]. ISSN 0717-9308. DOI 10.4067/S0717-93082013000100003. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082013000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082013000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en).

**REGUERO, JR AGUILAR.** "Protocolo de limpieza, Desinfección y Esterilización del Material, Equipamiento y Vehículos Sanitarios". *emergencias.es.org* [en línea], 2003, (España) vol. 67, pp. 5-20. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Protocolo+de+limpieza>,

+desinfección+y+esterilización+del+material,+equipamiento+y+vehículos+sanitarios.#0.

**SATALOFF, ROBERT T., JOHNS, MICHAEL M. y KOST, KAREN M.** "El autoclave".  
*Servicios de Salud y Riesgos Laborales de Centros Educativos*, vol. 1, (2021), (España)  
pp. 1-7.

**SIGNIFICADOS.COM.** *Significado de Campo magnético (Qué es, Concepto y Definición) -*  
*Significados.* [blog]. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en:  
<https://www.significados.com/campo-magnetico/>.

**SOLUTIONS, STERILIZATION.** "Material Consideration Radiation Processing".  
Sterigenics.com [en línea], 2018, (United States of America) vol. 1, pp. 8. Disponible en:  
[www.sterigenics.com](http://www.sterigenics.com).

**SUSANA A. SAENZ CERVERA.** "Prácticas de Microbiología". *Universidad de la Rioja*, vol.  
2, (2011), (España) pp. 102.

**UPC.EDU.** *Estufa bacteriológica y de cultivo :: Servicios Científico-técnicos de la UPC.*  
*upc.edu* [blog]. [Consulta: 5 marzo 2021]. Disponible en:  
<https://www.upc.edu/sct/es/equip/424/estufa-bacteriologica-cultiu.html>.

# ANEXOS

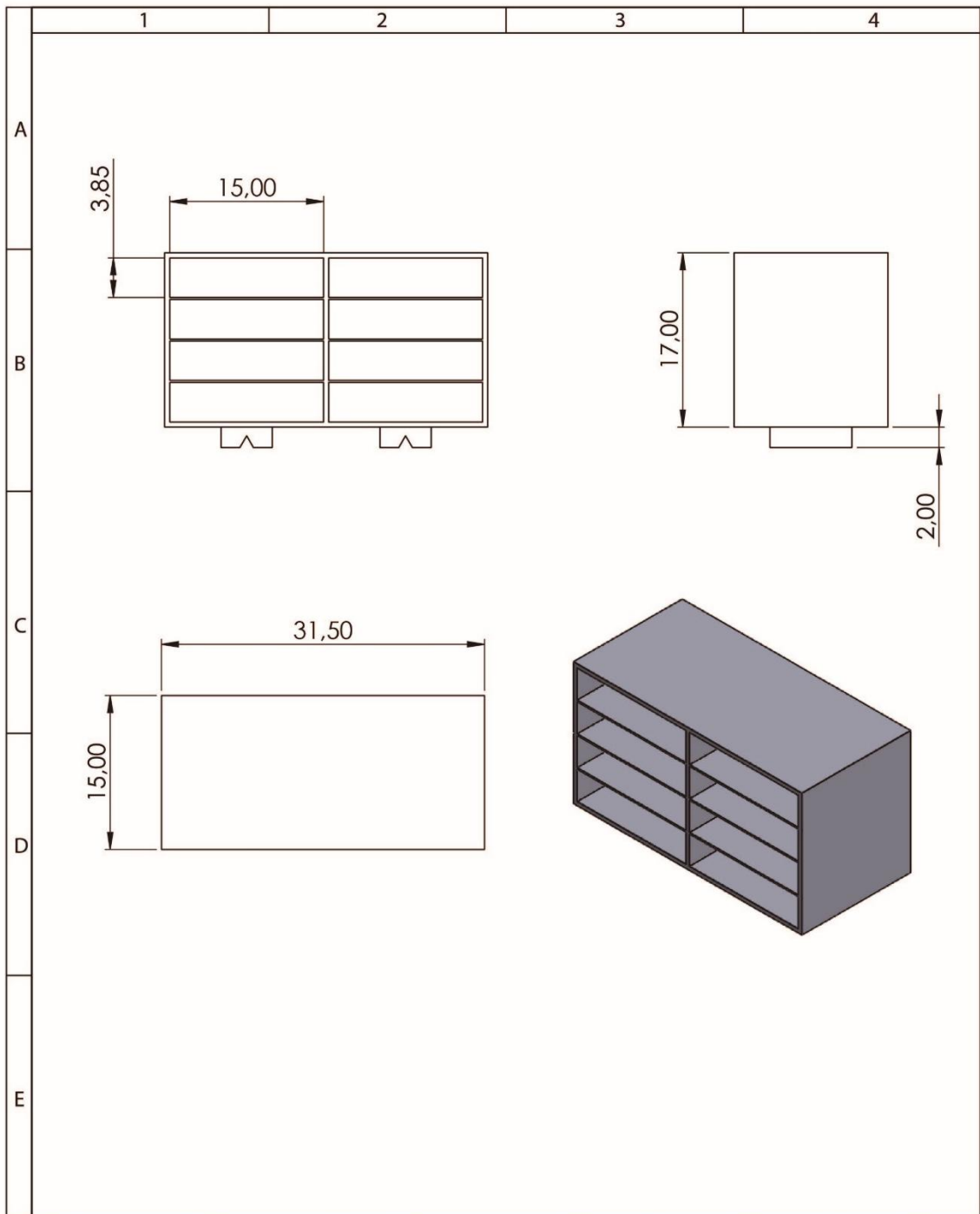
## ANEXO A: NORMA ISO 11137, PARA IRRADIACIÓN POR DIFERENTES MÉTODOS:

MÉTODO	MÉTODO 1			MÉTODO 2		Método VD <sub>max</sub>	
	Método 1 BB <sub>1,0</sub>	Método 1 BB <sub>0,1 a 0,9</sub>	Método 2A	Método 2B	Método VD <sub>max</sub> <sup>16</sup>	Método VD <sub>max</sub> <sup>15</sup>	
1. Generalidades	Punto de la norma ISO 11137-2	7.1	8.3	8.3	9.2	9.4	
	PAM (SIP)	≤ 1	1	1	SI QBM < 0.9 PAM = 1 SI QBM > 0.9 PAM ≤ 1	1	
	Dosis mínima posible	3.0 kGy (10 <sup>4</sup> ) 14.2 kGy	1.3 kGy (10 <sup>3</sup> ) 11.0 kGy	2.0 kGy (10 <sup>3</sup> ) 8 kGy	1 kGy (10 <sup>2</sup> ) 10 kGy	0.3 kGy (10 <sup>1</sup> ) 15 kGy	
	Determinación QBM	SI	SI (utilizar factor conexión)	NO	SI. Utilizar Factor de conexión QBM <sub>0.1000</sub>	SI. Utilizar Factor de conexión QBM <sub>0.15</sub>	
2.1 Dosis Verificación o D <sub>verif</sub> (método 2)	Método	Tabla 5	Tabla 6	Experimentación Dosis progresiva	Tabla 9	Tabla 10	
	Condiciones Dosis comprobación Dosis verificación D'		D <sub>verif</sub> ≤ 110% D <sub>verif</sub> $\bar{D}_{verif, min} \geq 90\% D_{verif}$	Experimentación Dosis progresiva Dosis mínima 2 kGy; incremento 2 kGy; 9 dosis progresivas; D <sub>verif</sub> D <sub>verif</sub> ≤ MAX(10% D', D' + 1)	D <sub>verif</sub> ≤ 110% VD <sub>max</sub> <sup>15</sup> $\bar{D}_{verif, min} \geq 90\% VD_{max}^{15}$	D <sub>verif</sub> ≤ MAX(10% VD <sub>max</sub> <sup>15</sup> , VD <sub>max</sub> <sup>15</sup> - 0.1) $\bar{D}_{verif, min} \geq 90\% VD_{max}^{15}$	
	Criterios aceptación comprobación Dosis verificación D'	≤ 2 positivos. Se acepta D <sub>verif</sub>	≤ 15 positivos. Se acepta la experimentación Dosis verificación.		≤ 1 positivos. Se acepta la verificación.		
	Método	Tabla 5	Tabla 6	Calculado. Se establece D'*	25 kGy	15 kGy	
2.2 Dosis Esterilización	N° muestras total	150	540 = 300 ((20*9)*3) = (100*3)*40	530 = 300 ((20*9)*3) = (100*3)*70		40	
	PAM		Equivalente al establecer dosis esterilizante				
Comprobación Periódica de la Dosis Esterilización.	Muestras	10 unid 100 unid			10 unid 10 unid		
	Dosis verificación	D <sub>verif</sub>	D'		VD <sub>max</sub> <sup>15</sup>	VD <sub>max</sub> <sup>15</sup>	
	Condiciones Dosis	D <sub>verif</sub> ≤ 110% D <sub>verif</sub> $\bar{D}_{verif, min} \geq 90\% D_{verif}$	D <sub>verif</sub> ≤ MAX(110% D', D' + 1) $\bar{D}_{verif, min} \geq MIN(90\% D', D' - 1)$		D <sub>verif</sub> ≤ 110% VD <sub>max</sub> <sup>15</sup> $\bar{D}_{verif, min} \geq 90\% VD_{max}^{15}$	D <sub>verif</sub> ≤ MAX(110% VD <sub>max</sub> <sup>15</sup> , VD <sub>max</sub> <sup>15</sup> - 0.1) $\bar{D}_{verif, min} \geq 90\% VD_{max}^{15}$	
Método VD <sub>max</sub> <sup>17,8, 20.0, 22.8, 27.8, 30.0, 38.8, 38</sup>		≤ 2 positivos. Se acepta la comprobación			≤ 1 Positivos. Se acepta la comprobación		

VER ISO/TS 13004

Abreviaciones:  
 PAM (SIP) : Porción de artículo de muestra;  
 NGE (SAL) : Nivel de garantía de esterilidad  
 QBM: carga biológica media,  
 Progre: Dosis progresivas en método 2  
 PPP Dosis de primera fracción positiva. Dosis a la que se espera que 19 de los 20 ensayos, realizados (método 2) sean positivos;  
 D\* : estimación inicial de la dosis para obtener un NGE de 10-2 para los artículos sometidos a ensayo.  
 PNP: Dosis primera no positivo;  
 D\*\* : Estimación final de la dosis para obtener un NGE de 10-2 para los artículos sometidos a ensayo.  
 $\bar{D}_{verif, min}$  : Media aritmética entre la dosis máxima y la dosis mínima obtenidas en la irradiación de una muestra.

**ANEXO B: PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL EXPERIMENTO:**



Nº Lámina: 1		Nº Hojas: 1		Denominación:		ESPOCH			
Sustitución:				Montaje Experimental		Esc. Física y Matemática			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:			Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Proyectó	Meza Adrian		May/01/21	Materiales:		0.30	+/- 0.05	1:1	
Dibujó	Meza Adrian		May/01/21			Acero A003 Alucobond		Codificación:	
Revisó	Biof. Vilma Yanchapanta		May/10/21	Trabajo de Titulación					
Aprovó	Biof. Vilma Yanchapanta		May/10/21						

**ANEXO C: ESTUDIO PREVIO REALIZADO SOBRE LA FUENTE RADIATIVA Y SUS ELEMENTOS QUE LO COMPONEN:**



**LABORATORIO DE ANALISIS DE RADIATIVIDAD**  
 Juan Larrea N°5-36 y Rincón  
 Telf: 228-438

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE CONTENIDO RADIATIVO**  
 Código de Laboratorio: ARAD-2019-632

*La Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares perteneciente al Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables realizó el Análisis de Contenido Radiactivo en muestra(s) de material de roca.*

Cliente:  
 Valeria Chilitza

Fecha de ingreso a laboratorio: 9 de enero del 2019  
 Muestreado por: VALERIA CHILITZA

Fecha de muestreo:

Riobamba-Ecuador

**RADIONUCLEIDOS DETERMINADOS EN LAS MUESTRAS CON SU ACTIVIDAD E INCERTIDUMBRE ASOCIADA**

CÓDIGO LABORATORIO	INFORMACION DE LA MUESTRA		ACTIVIDAD DE LA MUESTRA									
	IDENTIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	Bh-214 Bq/g	Pb-214 Bq/g	Ra-226 Bq/g	Rn-222 Bq/g	Ac-228 Bq/g	Pb-212 Bq/g	Th-232 Bq/g	U-235 Bq/g	U-238 Bq/g	Pb-210 Bq/g
ARAD-2019-632.01	Muestra 1	Roca	10400±0.06	9700±0.09	15000±0.03	7500±0.05	260±0.02	560±0.05	13000±0.02	670±0.01	1890000±0.03	5700±0.01

Fecha de Análisis Instrumental: 30 de enero de 2019

Técnica de medición empleada para el análisis de la muestra: Determinación de radionúclidos emisores gamma por espectrometría gamma.

Los valores reportados seguidamente del signo "<sup>±</sup>" corresponden a la Actividad Mínima Detectable (AMD) calculada para un 95 % de confianza. Para estos valores no se calcula ni reporta incertidumbre expandida. Nivel máximo permisible (1 Bq/g) para cadenas de desintegración de Uranio, Torio y (10 Bq/g) para K-40; según niveles para NORM recomendadas en las Normas Básicas de Seguridad del OIEA (CSR Parte 3).

Ing. Claudia Sangama  
 Responsable del Laboratorio de Análisis de Radiactividad

Dado en Quito, el 30 de enero de 2019

Los resultados que aparecen en este certificado se refieren solamente a las muestras objeto de ensayo. Este informe no será reproducido sin la aprobación escrita del laboratorio.

Av. República de El Salvador N56-64 y Suecia  
 Telf.: (593) 397-6000  
 Quito-Ecuador  
 Director: bernarda.torres@recursosenenergiya.gub.ec

**ANEXO D: IMÁGENES SOBRE EL ASEO DEL LUGAR DEL TRABAJO Y LA EXPERIMENTACIÓN:**

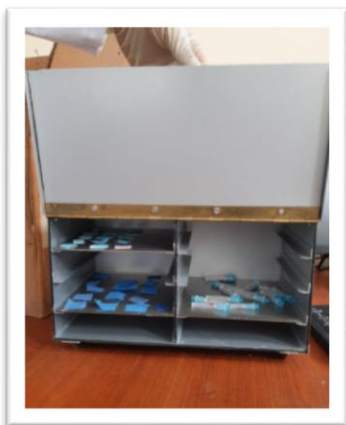
a) Preparación del lugar de trabajo



b) Colocación de muestras en las placas porta objetos.



c) Muestras previamente colocadas, antes de poner la fuente radiactiva.



d) Preparación de los respectivos cultivos microbiológicos respetando los intervalos de tiempo.







*ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*

*DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

*Fecha de entrega: 25 / 10 / 2021*

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Adrian Nikolay Meza Vargas Acosta</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Biofísica</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Biofísico</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>



*1933-DBRA-UTP-2021*