



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE BIOFÍSICA**

**“EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA  
PRODUCIDA POR LAMPARAS UV EN RATONES (Mus  
Musculus)”.**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOFÍSICO**

**AUTOR: ALEX DARIO GALARZA CUJI**

**DIRECTOR: Ph.D. FABIAN ERNESTO ARIAS ARIAS**

Riobamba – Ecuador

2020

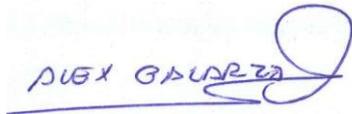
**©2020, Alex Dario Galarza Cuji**

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

Yo, Alex Dario Galarza Cuji, declaro que este trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de los mismos que son auténticos. Los textos en el documento que proviene 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, 04 de marzo del 2020

A handwritten signature in blue ink that reads "ALEX GALARZA" with a stylized flourish at the end.

**Alex Dario Galarza Cuji**

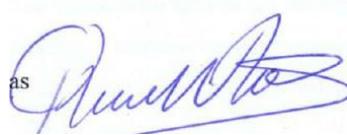
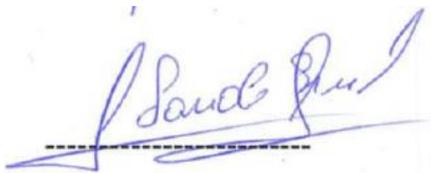
**C.I.: 06049341-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE BIOFÍSICA**

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto de Investigación “**EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN UV PRODUCIDA POR LÁMPARAS EN RATONES (Mus Musculus)**”, se realizó por el señor: Alex Dario Galarza Cuji, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Pachacama Choca Richard Willians <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2020/03/04
PhD. Fabian Ernesto Arias Arias <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION</b>		2020/03/04
Dra. Sandra Noemi Escobar Arrieta <b>MIEBRO DEL TRIBUNAL</b>		2020/03/04

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación va dedicado principalmente a DIOS, ya que con su inmenso amor y sabiduría ha sabido guiarme durante el transcurso del presente trabajo y durante toda mi vida, y de la misma manera va dedicado a personas muy importantes como los son mis padres, BERNARDO GALARZA NAULA y SUSANA CUJI AISALLA, ya que ellos han sido el pilar fundamental de todo, han estado a lado mío guiándome y creyendo en que yo lo podía lograr, son aquellas dos personas más importantes de mi universo quienes con su amor y cariño siempre me han estado apoyando, a JUAN BERNARDO GALARZA CUJI, mi hermano, compañero, y sobre todo mi mejor amigo, quien es para mí un modelo de persona a seguir, y en especial a una persona muy especial como lo es OLGA CRISTINA PULLAY CORO, quien es la promesa de DIOS hecha realidad en mi vida, una persona llena de valores, carisma y sueños, que me llenan de coraje y valentía para conquistar el mundo, ha sido ella quien con su amor, comprensión, cariño, amistad, ha estado a mi lado siempre, ha estado a mi lado en los buenos momentos, y aún más en las malas, su sonrisa ha sido mi inspiración, y también va para todas aquellas personas que han estado a mi lado en toda mi vida estudiantil, maestros, amigos, familia, compañeros de trabajo.

Alex

## AGRADECIMIENTO

A DIOS, quien ha estado a mi lado siempre y ha creído en mi aun cuando ni yo creía en mí, ha sido él, el motivo de poder concluir esta etapa de mi vida estudiantil, quien me ha llevado a los lugares corrector donde él quiso que yo este, mi DIOS, ha sido mi fortaleza y el pilar fundamental de toda mi vida.

A mis Padres, por darme la vida, por estar en los momentos que sentía que ya no podía, con su amor confianza y cariño me motivaban a seguir adelante a pesar de todos los obstáculos que se presentaban en mi vida estudiantil.

Al PhD. Fabian Ernesto Arias Arias, quien con sus conocimientos adquiridos durante su vida profesional supo dirigir este trabajo de titulación, fueron sus enseñanzas, sus consejos y su experiencia para que este trabajo se hiciera realidad, le doy infinitamente gracias por cada consejo.

Al BQF. Benjamín Andrés Román Santos, profesor, guía, compañero y amigo, fue el quien fue el motor fundamental en la elaboración de este trabajo de titulación, gracias por sus enseñanzas, consejos, paciencia, ideas y compromiso.

Al Dr. Javier Robles, un gran profesional, y sobre toda una maravillosa persona, quien siempre estuvo aquí para responder a todas mis inquietudes infinitamente agradecido con DIOS, por ponerme a tan valiosa persona en mi camino.

A Olga Cristina Pullay Coro, le doy gracias a DIOS por haberte puesto en mi camino, gracias por ser mi ayuda idónea, has sido más que una amiga compañera, has sido mi mundo mi todo, has sido el motor fundamental de mi universo, TE AMO.

Alex

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
INTRODUCCION.....	1

## CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO.....	7
1.1.	Fundamentos de la radiación.....	7
1.1.1.	Radiación UV.....	7
1.1.2.	Captación de la radiación por piel.....	7
1.1.3.	Radiación UV artificial.....	9
1.1.4.	Índice de radiación UV.....	9
1.2.	Efectos biológicos de la radiación UV.....	10
1.2.1.	Efectos benéficos.....	10
1.2.2.	Efectos adversos.....	10
1.2.3.	Inflamación.....	11
1.2.4.	Alteraciones inmunológicas.....	11
1.2.5.	Fotoenvejecimiento.....	12
1.2.6.	Fotocarcinogénesis.....	12
1.2.7.	Efectos biológicos en pelaje animal.....	13
1.2.8.	Efectos patológicos de la radiación UV.....	13
1.3.	Detector de radiación UV Sunknow.....	13
1.4.	Biomodelos (BM) experimentales.....	14
1.4.1.	Código de ética en la experimentación animal.....	14

1.4.2.	Biomodelo ratón (Muss Musculus).....	14
1.6.	Biometría hemática (BH) .....	15
1.6.1.	Definición de una BH.....	15
1.6.2.	Parámetros de una BH.....	15
1.6.2.1.	Conteo de glóbulos blancos .....	15
1.6.2.2.	Conteo de glóbulos rojos.....	15
1.6.2.3.	Hematocrito .....	15
1.6.2.4.	Hemoglobina.....	16
1.6.2.5.	Neutrófilo (NEU) .....	16
1.6.2.6.	Basófilo (BAS) .....	16
1.6.2.7.	Eosinófilo (EOS) .....	16
1.6.2.8.	Linfocito (LYM) .....	16
1.6.2.9.	Monocito (MON) .....	16
1.7.	Examen histopatológico .....	17
1.7.1.	Definición de un examen histopatológico .....	17
1.7.2.	Coloración hematoxilina eosina .....	17
1.7.3.	Preparación de la muestra para un examen histopatológico .....	17
1.7.4.	Parámetros de un examen HP.....	18
1.7.4.2.	Monomorfonucleares (MNN).....	18
1.7.4.3.	Edema.....	18
1.7.4.4.	Fibrosis.....	18
1.7.4.5.	Área cicatricial .....	19

## **CAPÍTULO II**

2.	METODOLOGÍA.....	20
2.1.	Ambientación de los biomodelos experimentales.....	20
2.2.	Cuidado y control de los biomodelos experimentales.....	21
2.3.	Configuración experimental e irradiación de los BME .....	21
2.4.	Toma y análisis de muestras .....	22

2.4.1.	Biometría hemática.....	22
2.5.	Planteamiento de hipótesis .....	24
2.5.1.	Hipótesis general.....	24
2.6.	Diseño de la investigación.....	24
2.7.	Identificación de variables.....	25
2.8.	Localización de estudio .....	25
2.9.	Población de estudio .....	25
2.10.	Tamaño de la muestra .....	26
2.11.	Método de muestreo .....	26
2.12.	Técnicas de recolección de datos .....	26
2.13.	Modelo estadístico.....	26

### **CAPÍTULO III**

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	27
3.1.	Selección de los índices de radiación .....	27
3.2.	Ambientación y cuidado de los modelos experimentales .....	27
3.3.	Examen Histopatológico de los Biomodelos Experimentales .....	29
3.3.1.	Toma de muestra para el examen histopatológico.....	29
3.3.1.	Resultados del examen histopatológico (Primera etapa).....	30
3.3.2.	Resultados del examen Histopatológico (Segunda Etapa) .....	32
3.3.3.	Resultados del examen histopatológico (Tercera etapa) .....	35
3.4.	Biometría hemática de los biomodelos experimentales.....	38
3.4.3.	Resultados de la biometría hemática (Segunda etapa) .....	42
3.4.4.	Resultados de la biometría hemática (Tercera etapa).....	44
3.5.	Efectos biológicos en el pelaje de los BM .....	47
3.6.	Discusión de resultados.....	48
	CONCLUSIONES.....	50
	RECOMENDACIONES.....	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	52

### **ANEXOS**

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Espectro Electromagnético .....	1
<b>Figura 2-1:</b> Captación de la radiación en piel.....	8
<b>Figura 3-1:</b> Exposición de la radiación en el ser humano .....	9
<b>Figura 4-1:</b> Fotoenvejecimiento de la Piel, producto de la radiación UV.....	12
<b>Figura 5-1:</b> Alteraciones en piel producto de la radiación Ultravioleta.....	13
<b>Figura 1-3:</b> Biomodelos experimentales al inicio de la exposición UV .....	47
<b>Figura 2-3:</b> Biomodelo del grupo A, después de 60 días de exposición a la radiación UV ....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Índice de radiación UV .....	9
<b>Tabla 2-1:</b>	Normas de Protección para categorías de índices de radiación UV .....	10
<b>Tabla 3-2:</b>	Materiales para la ambientación de los biomodelos experimentales .....	20
<b>Tabla 4-2:</b>	Materiales usados en el cuidado, limpieza y control de los biomodelos.....	21
<b>Tabla 5-2:</b>	Materiales de protección obligatorio dentro del bioterio .....	21
<b>Tabla 6-2:</b>	Materiales y equipos para la irradiación de los biomodelos .....	21
<b>Tabla 7-2:</b>	Materiales utilizados para la obtención de sangre del biomodelo.....	22
<b>Tabla 8-2:</b>	Materiales para la obtención de muestra de piel.....	23
<b>Tabla 9-2:</b>	Diseño experimental para el proceso de irradiación de los biomodelos .....	25
<b>Tabla 1-3:</b>	Peso de los Biomodelos del grupo A .....	22
<b>Tabla 2-3:</b>	Peso de los Biomodelos del grupo B .....	22
<b>Tabla 3-3:</b>	Peso de los Biomodelos del grupo C .....	22
<b>Tabla 4-3:</b>	Peso de los Biomodelos del grupo BLANCO.....	22
<b>Tabla 5-3:</b>	Índices UV aplicado a cada grupo .....	25
<b>Tabla 6-3:</b>	Parámetros de exposición etapa 1.....	25
<b>Tabla 7-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo A. Primera Etapa .....	25
<b>Tabla 8-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo B. Primera Etapa.....	26
<b>Tabla 9-3:</b>	Resultados del examen histopatológico del grupo C. Segunda etapa .....	35
<b>Tabla 10-3:</b>	Resultados del examen histopatológico del grupo BLANCO. ....	35
<b>Tabla 11-3:</b>	Índices UV aplicado a cada grupo .....	27
<b>Tabla 12-3:</b>	Parámetros de exposición etapa 2.....	27
<b>Tabla 13-3:</b>	Resultados del examen histopatológico del grupo A. Tercera etapa .....	37
<b>Tabla 14-3:</b>	Resultados del examen histopatológico del grupo B. Tercera etapa.....	37
<b>Tabla 15-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo C. Segunda Etapa.....	29
<b>Tabla 16-3:</b>	Resultados del examen histopatológico del grupo BLANCO.....	38
<b>Tabla 17-3:</b>	Índices UV aplicado a cada grupo .....	30
<b>Tabla 18-3:</b>	Parámetros de exposición etapa 3.....	30
<b>Tabla 19-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo A. Tercera Etapa.....	30
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo A. Tercera Etapa.....	31
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo A. Tercera Etapa.....	31
<b>Tabla 21-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo B. Tercera Etapa .....	32
<b>Tabla 22-3:</b>	Resultados del examen Histopatológico del grupo A. Tercera Etapa.....	32
<b>Tabla 23-3:</b>	Resultados de la Biometría Hemática. Primera etapa .....	33
<b>Tabla 24-3:</b>	Análisis T-Student Hematocrito del grupo ABC vs Control. Primera E ..	34

<b>Tabla 25-3:</b>	Análisis T-Student hematocrito del grupo ABC vs Control. Primera E....	40
<b>Tabla 25-3:</b>	Análisis T-Student LYM del grupo ABC vs control. Primera etapa .....	40
<b>Tabla 26 -3:</b>	Análisis T-Student EOS del grupo ABC vs control. Primera etapa .....	41
<b>Tabla 27-3:</b>	Resultados de la biometría hemática. Segunda etapa .....	42
<b>Tabla 28-3:</b>	Análisis T-Student hematocrito del grupo ABC vs control. Segunda etapa .	42
<b>Tabla 29-3:</b>	Análisis T-Student LYM del grupo ABC vs control. Segunda etapa .....	43
<b>Tabla 30-3:</b>	Análisis T-Student EOS del grupo ABC vs control. Segunda etapa .....	44
<b>Tabla 31-3:</b>	Resultados de la biometría hemática. Tercera etapa.....	45
<b>Tabla 32-3:</b>	Análisis T-Student hematocrito del grupo ABC vs control. Tercera etapa	45
<b>Tabla 33-3:</b>	Análisis T-Student LYM del grupo ABC vs control. Tercera etapa.....	46
<b>Tabla 34-3:</b>	Análisis T-Student EOS del grupo ABC vs control. Tercera etapa.....	47

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** RESULTADOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA. PRIMERA ETAPA

**ANEXO B:** RESULTADOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA. SEGUNDA ETAPA

**ANEXO C:** RESULTADOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA. TERCERA ETAPA

**ANEXO D:** CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL LAMPARA UV, JAULA

**ANEXO E:** PROCESO DE IRRADIACIÓN DE LOS BIOMODELOS EXPERIMENTALES

**ANEXO F:** PREPARACIÓN DE FORMOL AL 10 % EN ETANOL

**ANEXO G:** TOMA DE MUESTRAS PARA EL EXAMEN HISTOPATOLÓGICO Y BIOMETRÍA HEMÁTICA

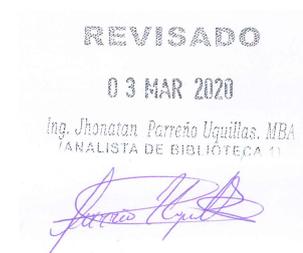
## ABREVIATURAS

IUV	Índice Ultravioleta
BH	Biometría Hemática
BM	Biomodelo
PMN	Polimorfonucleares
MMN	Monomorfonucleares
EOS	Eosinófilos
NEU	Neutrófilos
LYM	Linfocito
MON	Monocito
BAS	Basófilo
AC	Área Cicatricial
AND	Ácido Desoxirribonucleico
FPS	Factor de Protector Solar
HE	Hematoxilina-Eosina
HP	Histopatológico

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comprobar los efectos biológicos de la radiación ultravioleta producida por lámparas UV en ratones (*Muss Musculus*), por lo tanto se realiza la irradiación de 36 biomodelos experimentales, dividido en 4 grupos (A, B, C, BLANCO), a los cuales serán expuesto a diferentes índices de radiación mediante el uso de lámparas UV, grupo A índice 10, B índice 7, C índice 5 y el grupo BLANCO servirá como grupo de control que no se le aplicara ningún tipo de radiación. El proceso de experimentación durara tres etapas, primera etapa, 15 días, segunda etapa 30, y tercera etapa 60 días. Al finalizar la primera etapa se realiza el sacrificio de 3 biomodelos de cada grupo para poder ver si mediante un examen histopatológico presenta alteraciones en piel, y una biometría hemática para poder determinar las alteraciones en sangre, en el que el examen histopatológico no muestra ninguna alteración en piel, pero los resultados en sangre muestran variaciones en la cantidad de glóbulos rojos y blancos, de la misma manera se procede en la finalización de la segunda y tercera etapa, y vemos que los biomodelos presentan alteraciones en el tejido epitelial especialmente en zonas más expuesta que son la oreja y la cola, observado la presencia de PMN, Edemas, Área cicatricial, Fibrosis, y también alteraciones en las cantidades de glóbulos rojos y blancos. Con lo que se concluye que la exposición de los biomodelos a lámparas UV produce efectos adversos en sangre y en piel especialmente en zonas expuestas y no en zonas que presenta pelaje y se recomienda que se realice el mismo estudio en un biomodelos diferente como en *Ratas Topo* que al no tener pelaje se podrá apreciar más notoriamente los efectos de la radiación ultravioleta.

Palabras clave: <BIOMODELOS EXPERIMENTALES>, <EXAMEN HISTOPATOLÓGICO>, <BIOMETRÍA HEMÁTICA>, <POLIMORFONUCLEARES (P.M.N) >, <EDEMA>, <ÁREA CICATRICAL>, <FIBROSIS>, <HEMATOCRITO>, <LINFOCITOS>, <EOSINÓFILOS>. ABSTRACT



## ABSTRACT

The aim of this study was to test the biological effects of ultraviolet radiation produced by UV lamps in mice (*Mus Musculus*), therefore the irradiation of 36 experimental biomodels is performed, divided into 4 groups (A, B, C, BLANCO), which will be exposed to different radiation indices through the use of UV lamps, group A index 10, B index 7, C index 5 and the BLANCO group will serve as a control group which will not be applied any type of radiation. The process of experimentation will last three stages, first stage, 15 days, second stage 30 days, and third stage 60 days. At the end of the first stage, 3 biomodels of each group are sacrificed in order to see if a histopathological examination shows skin alterations, and a blood biometry to be able to determine the alterations in the blood, in which the histopathological examination does not show any alteration in the skin, but the results in the blood show variations in the amount of red and white cells, In the same way it is proceeded to the completion of the second and third stage, and it is demonstrated that the biomodels have alterations in the epithelial tissue especially in the most exposed areas which are the ear and the tail, observed the presence of PMN, Edema, Scar tissue area, Fibrosis, and alterations in the amounts of red and white blood cells too. It is therefore concluded that exposure of biomodels to UV lamps tend to produce adverse effects on blood and skin, especially in exposed areas and not in areas with fur. It is also recommended that the same study be carried out on a different biomodel, as in Mole Rats, since they do not have fur, the effects of UV radiation will be appreciated more clearly.

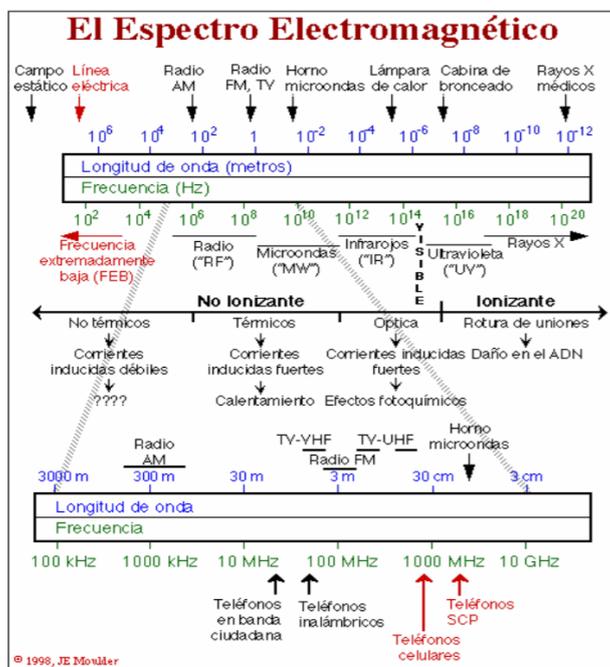
Keywords: <EXPERIMENTAL BIOMODELS>, <HISTOPATHOLOGICAL EXAMINATION>, <BLOOD BIOMETRY>, <POLYMORPHONUCLEARS (P.M.N) >, <EDEMA>, <SCAR TISSUE AREA>, <FIBROSIS>, <HEMATOCRIT>, <LYMPHOCYTES>, <EOSINOPHILS>



## INTRODUCCION

El Universo tal como lo conocemos contiene materia y energía, pero sabemos que estos dos componentes están relacionados a través de la famosa ecuación de A. Einstein:  $E=mc^2$ , donde E representa la energía, m = la masa de la materia y c= la velocidad de la luz. La luz es una manifestación de la energía y está asociada a la radiación electromagnética que se encuentra en todo el universo y se describe como un campo electromagnético (con descripción ondulatoria) o como fotones (con descripción como partícula), tanto onda como fotones se desplazan en el espacio a la velocidad de la luz. Todos estamos familiarizados y estamos en continuo contacto con la radiación electromagnética: cuando observamos una noche estrellada o caminando durante el día, todo lo que vemos con nuestros ojos, el calor del sol en nuestra piel, la comunicación con nuestros amigos por el celular, cuando escuchamos radio FM o cuando calentamos la comida en el horno de microondas, son situaciones donde la radiación electromagnética está jugando una parte importante y afectando nuestras vidas. (Fontal, 2005)

La radiación electromagnética está compuesta por diferentes longitudes de onda. Las longitudes de onda comprendidas entre 100 nanómetros (nm) y 400 nm corresponden al rango ultravioleta. entre 400 nm y 800 nm corresponde al rango visible y de 800 nm en adelante es el rango infrarrojo.



**Figura 1-1: Espectro Electromagnético**

Fuente: (TCHERNITCHIN, 2003)

La radiación UV se divide en tres bandas: UVA (320 a 400 nm), UVB (290 A 320 nm), y la UVC (100 A 280 nm). La UVA es filtrada por la capa de ozono en el mismo grado que la UVB y la UVC, y cantidades suficientes de las mismas penetran a través de las nubes y de los vidrios. En un día de verano la UVB comprende aproximadamente el 5% de la radiación UV, y la UVA el 95 % restante. Sin embargo, la UVB es más responsable que la UVA en producir daño biológico, ya que contribuye con cerca del 80 % de los efectos dañinos que se asocian a la exposición solar, la UVA solo produce el 20 % restante. (CABRERA MORALEZ, 2007)

El índice ultravioleta (UVI), se formuló independientemente en varios países, pero finalmente se ha estandarizado su definición y se ha publicado como una recomendación conjunta de la Organización Mundial de la Salud (WHO), la Organización Meteorológica Mundial (WHO) y el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y la Comisión Internacional de Radiación No-ionizante (ICNIRP). El UVI está recomendado como un medio para concienciar a la población sobre los efectos negativos que tiene la radiación solar UV en la salud, y para alertar a la población sobre la necesidad de adoptar medidas de protección. (DELGADO, 2003)

Existen cuatro categorías del índice de radiación las cuales son: Baja (> 2), moderada (3-5), alta (6-7), Muy Alta (8-10) y Extremadamente Alta (+ 11) y dependiendo de su categoría existen medidas adecuadas de protección que se deben de tomar.

Para determinar el índice UV se utiliza la ecuación del espectro de acción eritémico de McKinlay-Diffey propuesta por la National Oceanic and Atmospheric Administration. (Sanchez, 2016)

$$UVI = \frac{1}{25} \frac{M_w}{m * m} * \frac{400 \text{ nm}}{3010 \text{ nm}} I_{\lambda} * w_{\lambda} d\lambda$$

Donde la función del eritema  $w_{\lambda}$  depende de la longitud,  $I_{\lambda}$  corresponde a la irradiación espectral en unidades de  $W/m^2 \text{ nm}$  y el factor  $1/25$  es una constante establecida con el fin de normalizar el índice. (Sanchez, 2016)

La radiación UV, afecta en gran parte al tejido epitelial, producto que los rayos solares chocan con la piel directamente, el cual produce efectos inmediatos como por ejemplo el enrojecimiento de la piel, quemaduras superficiales entre otros, los cuales pueden tardar un tiempo en aparecer como es el cáncer de piel, el cual es uno de los tipos de cáncer más comunes en nuestra región. La luz artificial, así como el natural está compuesta por luz visible, Ultravioleta (UV) e Infrarrojo (IR), y así como la radiación natural, esta puede causar daño al organismo del ser humano, así

como la exposición de largas horas a lámparas de radiación, las cuales producen el mismo daño que la radiación natural, aunque en menores proporciones.

El uso de animales en el laboratorio en el desarrollo de investigaciones en biomedicina ha representado y representa una fuente sustanciosa de avances científicos, especialmente biomédicos. Estudios de muchas enfermedades, así como causas, diagnósticos y tratamiento ha sido posible, en algunos casos casi exclusivamente, gracias a la experimentación con animales. Algunos estudios donde la experimentación animal ha sido y es trascendental pueden ser estudios sobre cáncer, cardiología, trasplante de órganos, Síndrome de inmunodeficiencia y muchos tipos de enfermedades más. (CATALAN, 2012)

En función de todo lo antes mencionado, se propone determinar los efectos biológicos producidas por lámparas UV en un tipo de Biomodelo experimental (*Muss Musculus*).

### **Antecedentes de la investigación**

Para realizar el presente trabajo de investigación se tomaron como base, algunos estudios, que se detallan a continuación:

Kinuyo Nakamura y sus colaboradores exponen que se acepta seriamente que la exposición solar produce daños a la piel humana. Sin embargo, la producción experimental de cambios cutáneos en animales que utilizan luz ultravioleta artificial. Utilizando métodos histoquímicos demostraron la elastosis dérmica focal en ratones después de una exposición prolongada a luz ultravioleta artificial. (ULTRAVIOLET LIGHT INDUCED CONNECTIVE TISSUE, 2006)

Cabrera y Morales (2006) exponen que el cáncer de piel representa el tipo más frecuente de cáncer humano, con una incidencia que va en aumento en los últimos años. La exposición excesiva a la radiación ultravioleta (UV) de la luz solar se asocia de forma directa con la aparición de tumores no-melanoma. (Morales, 2006)

Verónica Paola García (2008) expone que la exposición a la radiación ultravioleta puede provocar un efecto beneficioso como uno dañino en quien la experimenta. Dentro de los efectos dañinos encontramos, inflamación, edema, queratosis actínica, inmunosupresión y envejecimiento cutáneo. En los últimos tiempos ha aumentado el interés por saber qué efectos produce la radiación sobre la piel y como la población puede prevenir estos daños. Es por esto que se estudió el efecto que una infusión de *Haplopappus remyanus* presenta sobre los cambios histológicos

atribuidos a la radiación ultravioleta-B en un modelo de piel de ratas, gracias a las propiedades antioxidantes que ésta posee. Para el estudio experimental se utilizaron ratas machos de la cepa Sprague Dawley mediante 4 grupos experimentales; grupo control, grupo al cual se sometió a radiación UV-B, grupo que se le administró H. remyanus antes de la irradiación, grupo que se le administró H. remyanus antes y durante la radiación y el último al cual se le administró H. remyanus después de la radiación. Para evaluar el efecto del Haplopappus remyanus se hizo un análisis histopatológico de la piel de las ratas y se les practicó la técnica inmunohistoquímica de la proteína p53. Se observó que la radiación ultravioleta-B si produce cambios histológicos como paraqueratosis, espongirosis y úlcera; y que no hubo diferencias significativas en la administración de H. remyanus a la concentración utilizada antes, durante o después de la exposición a la radiación ultravioleta-B. (García, 2008)

Angela Terezinha (2018) expone que la fotoimmunología experimental se realiza en muchos laboratorios de todo el mundo y se utilizan diferentes protocolos de exposición a rayos UV y lámparas. La extrapolación de datos de laboratorio a la situación humana real en exteriores es difícil porque las lámparas no tienen el mismo efecto equivalente al sol. (Efectos Biológicos en Animales Debidos a la Radiación Ultravioleta, 2019)

### **Planteamiento del problema**

Los índices de radiación UV, que reporta el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) para la región, son considerados extremadamente altos, especialmente desde las 10h00 hasta las 16h00. Esto hace que las personas que están expuestas a la radiación UV tengan una alta probabilidad de desarrollar alteraciones en los melanocitos o en las células estructurales de la piel

Según el Registro Nacional de Tumores (RNT) de la Sociedad Oncológica de Lucha con el Cáncer (SOLCA), cada año se reconocen 650 casos nuevos de cáncer de piel en la capital. Los datos recientes del RNT, muestran que el cáncer de piel representa la segunda causa de enfermedades oncológicas en hombres, detrás del de próstata, y la tercera en mujeres después del cáncer de mama y tiroides. (2015). En los países desarrollados la incidencia de carcinoma cutáneo y melanoma, ambos causados por una alta exposición a rayos UV, muestran una tendencia de incremento sostenido año tras año: En Quito durante 25 años de análisis también se observa este fenómeno. Considerando globalmente los datos, para hombres y mujeres, en el quinquenio 1986-1990, el promedio de la incidencia estandarizada está alrededor de 21 por cada 100.000 habitantes, llegando en el período 2006-2010 a tasas promedio de 33 por 100.000. Es decir, la incidencia se incrementó en 57%. (2014)

## **Justificación del problema**

Si bien es cierto, el aspecto exterior de un ratón es totalmente distinto al de los humanos, existe una marcada similitud genómica. El genoma de un ratón tiene más del 95% de coincidencia con el del humano. Algunos estudios afirman que lo más probable es que los genes que causan enfermedades en humanos, los causen en ratones. Con lo cual, esta especie constituye un modelo biológico que permite estudiar qué es lo que ocurre fisiológicamente en diversas etapas de varias enfermedades.

El cáncer y la diabetes son enfermedades que más comúnmente se pueden estudiar en modelo de ratas y ratones ya que más del 95% de los genes son parecidos. Además, en menos de 4 meses el roedor pasa de cría a adulto, por lo cual es muy útil para estudiar muchos aspectos de las enfermedades humanas en períodos de tiempos cortos.

Los efectos biológicos observables en el ser humano debido a la exposición a los rayos UV solares se limitan a la piel y los ojos debido a las propiedades de baja penetración de los rayos UV en tejidos humanos. La penetración en la piel es inferior a 1 milímetro (mm) y la radiación UV es absorbida por los tejidos oculares (principalmente la córnea y el cristalino) antes de que llegue a la retina. Una vez que se produce un daño en la piel, los efectos no solamente se pueden detectar mediante un estudio del tejido epitelial, sino que también se puede detectar cambio en la composición sanguínea.

El presente estudio experimental medirá los efectos biológicos y citológicos producidos por la radiación UV, a través de la medición de los cambios producidos en la morfología de las células sanguíneas de los Biomodelos Experimentales *Muss Musculus*, y mediante un estudio histopatológico de la especie. Esta investigación será financiada en su totalidad por parte del tesista y contará con la colaboración del técnico docente del Bioterio para el manejo correcto de los Biomodelos Experimentales.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar los efectos biológicos de la radiación ultravioleta producida por lámparas UV en ratones (*Muss Musculus*).

### **Objetivos específicos**

- Diseñar la configuración experimental (Lámparas UV, Jaula), para comprobar la intensidad de radiación UV mediante el uso de un sensor.
- Irradiar 3 grupos de Biomodelos experimentales ratones a diferentes índices de radiación Ultravioleta UV.
- Determinar los efectos biológicos producidos por la radiación UV en la sangre y en la piel de los Biomodelos experimentales frente a un blanco.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Fundamentos de la radiación

El sol es una central termonuclear que produce una gran radiación electromagnética, aunque solo llegan a la superficie de la tierra longitudes de onda comprendidas entre los 290 nanómetros(nm) y los 5000 nm, gracias a que la capa de ozono atmosférico detiene las radiaciones más peligrosas. La energía radiante está constituida por un 56% de rayos infrarrojos (800 nm – 5000 nm), 39% de la luz visible (400 nm – 800 nm) y el 5% de radiación ultravioleta o UV (290 nm – 400 nm). (HONEYMAN, 2002)

#### 1.1.1. Radiación UV

Se conoce como radiación Ultravioleta a toda aquella radiación cuyos componentes se encuentren dentro de la longitud de onda más corta que la radiación visible. (CAICEDO, 2015)

Este tipo de radiación se puede clasificar en tres grupos, los cuales detallamos a continuación:

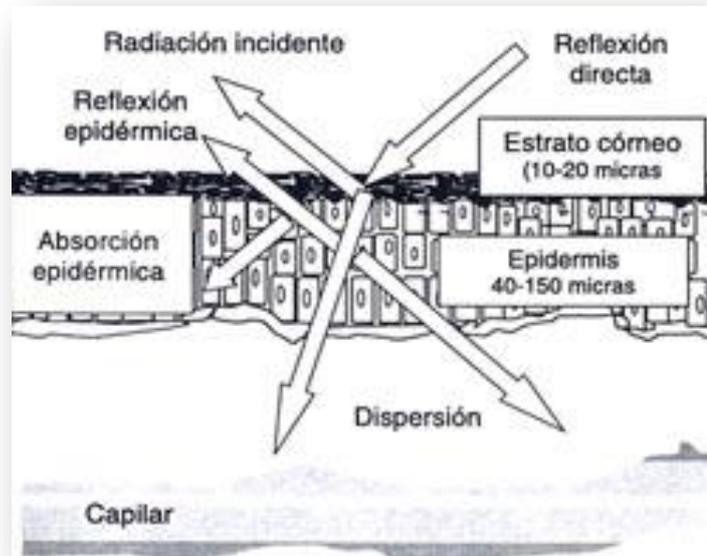
- UVA (320 – 400 nm) este tipo de radiación constituye el 98 % de la Radiación UV, puede atravesar el vidrio y puede incluso penetrar hasta la epidermis de la piel, pero su energía decrece en función de la longitud de onda que posee.
- UVB (290 – 320 nm), este tipo de radiación representa el 2 % de la Radiación UV, posee una energía alta y generalmente son detenidos por el vidrio y la epidermis.
- UVC (100 – 280 nm), esta no alcanza a llegar a la tierra, debido a que lo detiene la capa de ozono. Contiene una gran energía muy peligrosa debido a que es altamente destructiva. Se la usa en laboratorios para la esterilización y descontaminación de agua

#### 1.1.2. Captación de la radiación por piel

Al momento de que la radiación UV llega a la piel, esta puede sufrir 4 procesos ópticos, los cuales son los siguientes:

- Reflexión directa y epidérmica

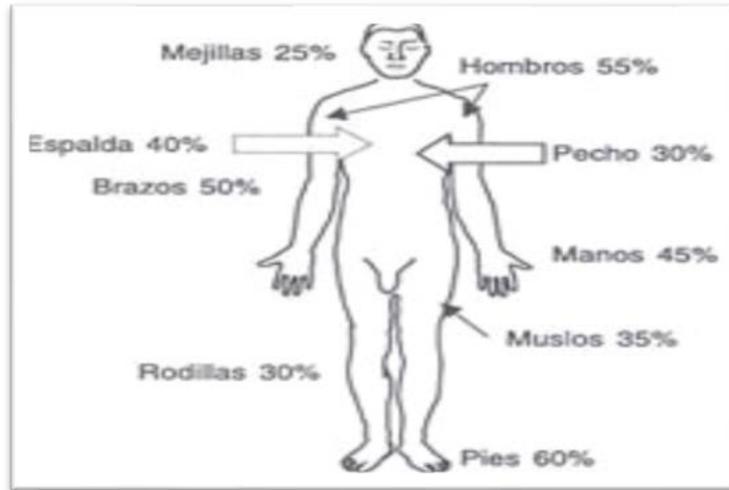
- Dispersión en células y tejidos de piel
- Transmisión directa
- Absorción



**Figura 2-1:** Captación de la radiación en piel

Fuente: (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

La fotodermología estudia los efectos que se producen por la interacción entre la radiación solar no ionizante y la piel, que pueden ser fisiológicos, patológicos o con importancia terapéutica. Las diversas radiaciones penetran la piel llegando a zonas anatómicas distintas. Existen regiones que son más expuestas dado a que habitualmente no están cubiertas por vestuario. Cuando una persona se expone directamente a la radiación solar la cantidad de radiación recibidas es distinta según la forma de exposición. En general las zonas prominentes son las que reciben mayor radiación. La distribución anatómica de la radiación UV a la exposición ambiental en personas se representa en la siguiente figura



**Figura 3-1:** Exposición de la radiación en el ser humano  
**Fuente:** (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

### 1.1.3. Radiación UV artificial

La radiación Ultravioleta artificial puede producir efectos biológicos beneficiosos y adversos como la radiación natural dentro de los seres vivientes, los cuales aparecen después de un periodo extenso de exposición. Este tipo de radiación proviene de lámparas ultravioletas que son fabricados con el uso de lámparas de mercurio de baja presión,

Son usadas especialmente dentro de laboratorios y para múltiples fines industriales como es el caso de la utilización en la desinfección de agua, germicida, entre otros.

### 1.1.4. Índice de radiación UV

Podemos describir al índice de Radiación UV como una medida de la intensidad de la radiación Ultravioleta (UV), el cual proviene de un tipo de fuente ya sea natural o artificial a nivel de la superficie terrestre, el cual nos sirve para evitar horas de exposición al sol los cuales podrían ser dañinos a la salud humana.

**Tabla 1-1:** Índice de radiación UV

CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORE DE ÍNDICE UV
Baja	Menor a 2
Mediana	3 a 5
Moderada	6 a 7
Alta	8 a 10
Extremadamente alta	Mayor a 11

**Realizado por:** Alex Dario Galarza Cuji

Dependiendo el tipo de categoría y los valores del índice de radiación UV, existen ciertas normas de protección, así de esta manera evitar los efectos dañinos de la radiación UV.

**Tabla 2-1:** Normas de Protección para categorías de Índices de Radiación UV

Índice UV	Riesgo	Fotoprotección	Consejo
Menor a 2	Bajo	No necesita	Se puede permanecer en el exterior sin riesgo
3 a 5	Medio	FPS 6-10	Uso de camisa con mangas largas, crema de protección solar, sombreros, jafas de sol.
6 a 7	Alto	FPS 15-25	Crema de protección solar, gafas de sol, uso de ropa q cubra todo el cuerpo.
8 a 10	Muy alto	FPS 25-50	Uso indispensable de camisa, crema de protección solar, sombrero gafas.
Mayor de 11	Extremadamente alto	FPS 50 +	Evitar salir de la casa.

Realizado por: Alex Dario Galarza Cuji

## 1.2. Efectos biológicos de la radiación UV

### 1.2.1. Efectos benéficos

La exposición a la radiación UV, puede poseer ciertos benéficos como los que son:

Acción anti raquítica, por la síntesis de vitamina D3 en la epidermis dependiente de la UVB. Esta vitamina tiene funciones hormonales, anti proliferativas y de diferencia celular. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

### 1.2.2. Efectos adversos

Los efectos adversos causados por sobre exposición solar en cualquier individuo sano, se puede separar en aquellos que se observan a corto plazo: eritema solar, reacción de pigmentación y alteraciones inmunológicas: y aquellas que solo se manifiestan después de muchos años de exposición solar exageradas y reiterada: foto envejecimiento y fotocarcinogenesis. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

### ***1.2.3. Inflamación***

La exposición a la luz UV origina inflamación la cual puede ser aguda por exposición brusca en una piel originando una quemadura o bien por exposición repetida se provoca una inflamación crónica. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

La Radiación UV, provoca inflamación mediante tres mecanismos:

- Provoca la liberación de óxido nítrico.
- Induce la liberación de neuropéptidos
- Induce la queratinización y proliferación

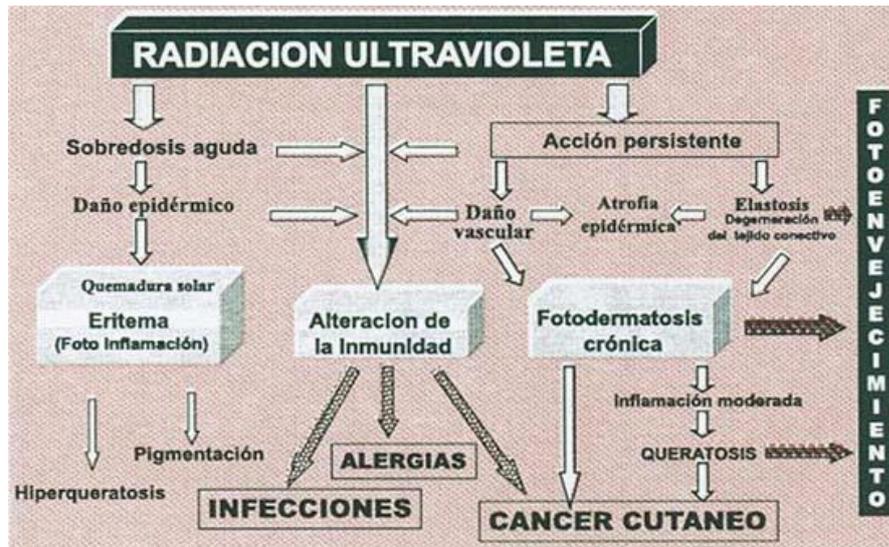
### ***1.2.4. Alteraciones inmunológicas***

La exposición solar causa una disminución de la respuesta inmune celular en el sitio irradiado. Sin embargo, si se incrementa la dosis, es también posible observar alteraciones sistemáticas. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

Experimentalmente son tipos de respuestas inmunológicas que se alteran:

- La respuesta al rechazo de células tumorales malignas los cuales han sido inducidos por Radiación UV.
- Respuesta de la hipersensibilidad retardada, debido a la presencia de ciertos antígenos provocado por las células de Langerhans.

La Radiación UV inhibe el número y la migración de las células de Langerhans, provocando tolerancia de los linfocitos T “Helper” (CD4<sub>+</sub>), inhibe la producción de interferón y disminuye la producción de moléculas de adhesión (ICAM-1) por el queratinocito, entre otros cambios. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)



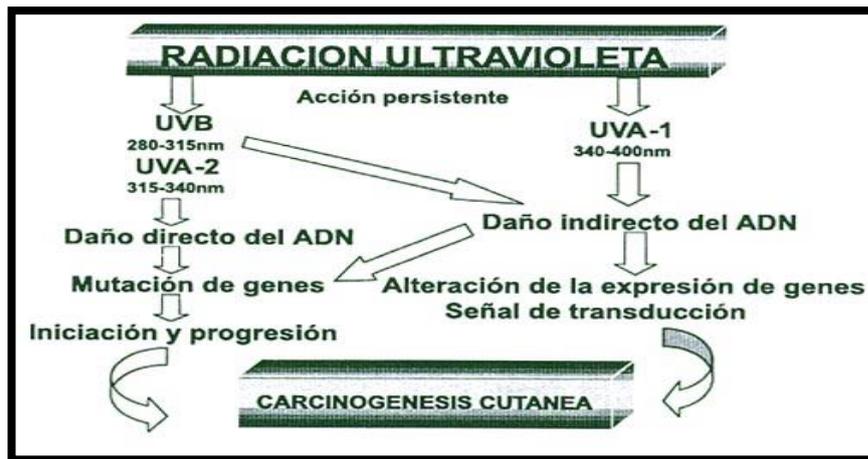
**Figura 4-1:** Fotoenvejecimiento de la Piel, producto de la radiación UV  
 Fuente: (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

### 1.2.5. Fotoenvejecimiento

Histológicamente, el sello de fotoenvejecimiento está dado por la elastosis de la dermis debido a un proceso degenerativo de la fibra elástica propio del daño por Radiación UV ausencia de súper óxido dismutasas de la dermis permite que la Radiación UV genere radicales libres que generan directamente fibras elásticas y colágenas y la matriz extracelular dérmica. La reserva biológica protectora individual frente al sol se pierde con los años. En personas de 80 años de edad la piel expuesta tiene un envejecimiento suplementario de 30 años comparado con la piel no expuesta de la misma persona. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

### 1.2.6. Fotocarcinogénesis

La Fotocarcinogénesis provocada por una exposición solar excesiva persiste por 10-20 años (efectos acumulativos). La UVB y UVA corta (320-240 nm) provocan mutaciones del ADN a lo cual se asocia a un defecto de la inmunidad y alteración de los mecanismos de reparación de la piel. Según autores franceses 15 días de vacaciones en la playa cada año quintuplican el riesgo de cáncer. La exposición/vida de 150,000 horas de una piel mate (tipo IV) y de 50,000 horas de una piel tipo II produciría cáncer epidérmico. (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)



**Figura 5-1:** Alteraciones en piel producto de la radiación Ultravioleta  
 Fuente: (EFECTOS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN PIEL, 2002)

### 1.2.7. Efectos biológicos en pelaje animal

Se observa que los animales que están expuestos por largos periodos de radiación solar, que viven a grandes altitudes sobre el nivel del mar y en lugares tropicales, carecen de pigmento en la epidermis, tienen poco pelo o pérdida del mismo, y son más propensos a enfermedades de la piel, debido a que la luz ultravioleta daña el ADN de las células, induce los dímeros de pirimidina ciclobutano, pirimidina (6,4) y pirimidina (6,4 PP) que causan efectos deletéreos como la inhibición de la replicación y de la transmisión, el aumento en la aparición de la mutación, la detención del ciclo celular y la muerte celular. (SAUCEDO, 2016)

### 1.2.8. Efectos patológicos de la radiación UV

Las radiaciones UVA son capaces de inducir eritema, pigmentación inmediata o retardada, alteraciones del tejido conectivo dérmico, liberación de mediadores vasoactivos, y que favorecen el estrés fotooxidativo. Incluso, pueden incrementar el eritema por UVB, así como la carcinogénesis y la elastosis por UVB, causando alteraciones en el ADN y otras estructuras, como las fibras elásticas; son responsables de muchas reacciones de fotosensibilidad a droga, y juegan un papel significativo en reticuloidosis actínica, lupus eritematoso, urticaria solar, reacción persistente a la luz. (SAUCEDO, 2016)

### 1.3. Detector de radiación UV Sunknow

Este tipo de detector mide el índice de Radiación UV, producida por el sol o fuentes artificiales de luz UV, teniendo una precisión del 98%, su rango de medida va desde 0,5 hasta 20 que son niveles de Radiación extremadamente altos.

## **1.4. Biomodelos (BM) experimentales**

### ***1.4.1. Código de ética en la experimentación animal***

Todo aquel que en sus investigaciones utilice animales de laboratorio, debe guardar una premisa: el respeto por la vida, por el dolor o el sufrimiento al que éstos pueden ser sometidos en los estudios que conduce. Esta responsabilidad involucra desde el bioterista encargado de la producción y el cuidado de los animales hasta al directivo de la institución productora o usuaria de los animales. (Bioethics in Animal Experimentatio , 2015)

El CIOMS (Consejo Internacional de Organizaciones Médicas) es una organización científica (Internacional y no Gubernamental) establecida por la UNESCO y la OMS creada en 1949 la cual estableció los siguientes principios éticos universales para el uso y cuidado de animales al cual han adherido los países que adelantan investigaciones en este campo. (Bioethics in Animal Experimentatio , 2015)

Los animales deben ser seleccionados de una especie y calidad apropiados y usar el mínimo número requerido para obtener resultados válidos.

Tratar a los animales como seres vivos sensibles y darle un uso adecuado a fin de evitar o minimizar el dolor o la angustia causados a los mismos.

Los procedimientos que vayan causarles dolor deben ser realizados con sedación o anestésicos.

Al finalizar la experimentación, los animales que vayan a sufrir dolor severo, angustia, molestia o invalidez los cuales no pueda ser aliviado, estos deben ser sacrificados.

Ofrecer al animal un ambiente protegido y confortable respecto a agentes físicos, químicos y biológicos.

La alimentación debe ser diaria, teniendo en cuenta un control del peso del animal, a fin de que no afecte al proceso de experimentación. (Bioethics in Animal Experimentatio , 2015)

### ***1.4.2. Biomodelo ratón (*Muss Musculus*)***

Los ratones de laboratorio o roedores *Muss Musculus*, es un tipo de roedor que usualmente mide entre los 7-10 cm, la cola es de 8-10 cm y su peso varía dependiendo de la edad en la que se

encuentre. Es un tipo de Biomodelo Experimental con pelo en todo su cuerpo excepto las patas, manos, cola y oreas. Su promedio de vida va desde 1 a 2 años.

La morfología de este animal es muy similar a la de los seres humanos, debido a esto son utilizados en los procesos de experimentación a fin de encontrar curas para ciertas enfermedades. Su cariotipo está compuesto por 20 pares de cromosomas, a diferencia de los seres humanos que poseen 23 pares.

## **1.6. Biometría hemática (BH)**

### ***1.6.1. Definición de una BH***

La biometría hemática, o citometría hemática como también se la conoce, es el examen de laboratorio de mayor utilidad y más frecuencia solicitado por el clínico. Esto es debido a que en un solo estudio se analizan tres líneas celulares completamente diferentes: eritroide, leucocitaria y plaquetaria, que no sólo orientan a patologías hematológicas; sino también a enfermedades de diferentes órganos y sistemas. (Nomma, 2016)

### ***1.6.2. Parámetros de una BH***

#### ***1.6.2.1. Conteo de glóbulos blancos***

Es un parámetro de una Biometría Hemática completa, el cual mide la cantidad de Glóbulos blancos en la sangre. Los Glóbulos Blancos son denominados también como Leucocitos los cuales ayudan a combatir infecciones.

#### ***1.6.2.2. Conteo de glóbulos rojos***

Es un parámetro de una Biometría Hemática completa, el cual mide la cantidad de Glóbulos Blancos en la sangre.

#### ***1.6.2.3. Hematocrito***

Es el volumen que ocupa los eritrocitos en la sangre. El término se origina en la centrifugación realizada con un instrumento de ese nombre. (Guzmán, 2015)

#### *1.6.2.4. Hemoglobina*

Proteína que se encuentra en el interior de los glóbulos rojos, responsables del transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los órganos y tejidos del cuerpo humano; además, es responsable del transporte de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) de vuelta a los pulmones.

#### *1.6.2.5. Neutrófilo (NEU)*

Leucocito maduro de la serie granulocítica con función fagocítica, formado en la médula ósea (a veces extramedularmente) y liberado a la circulación sanguínea. (Guzmán, 2015)

#### *1.6.2.6. Basófilo (BAS)*

Leucocito maduro de la serie granulocítica con gránulos basófilos heterocromáticos que contienen histamina ligada a una proteína y también heparina como matriz mucopolisacárida. No son células fagocíticas. (Guzmán, 2015)

#### *1.6.2.7. Eosinófilo (EOS)*

Leucocito maduro de la serie granulocítica, con gránulos que tienen afinidad por la eosina. En peces son gránulos redondos, lo que los distingue de los heterófilos. (Guzmán, 2015)

#### *1.6.2.8. Linfocito (LYM)*

Leucocito formado a partir de linfoblastos y prolinfocitos del tejido linfocítico distribuido por todo el cuerpo (linfonodos, bazo, timo, tonsilas, placas de Peyer y médula ósea). (Guzmán, 2015)

#### *1.6.2.9. Monocito (MON)*

Leucocito fagocítico de mayor tamaño que el resto de los leucocitos. Se forma a partir de los promonocitos. Los monocitos son transportados de la sangre periférica de los tejidos, donde se transforman en macrófagos. (Guzmán, 2015)

## **1.7. Examen histopatológico**

### ***1.7.1. Definición de un examen histopatológico***

Un examen histopatológico, es un procedimiento, en el cual se analizan muestras procedentes de individuos enfermos y posee el objetivo de identificar alteraciones estructurales y anormalidades genéticas o proteicas que corroboran al diagnóstico de una enfermedad o una muerte.

### ***1.7.2. Coloración hematoxilina eosina***

La tinción de hematoxilina-eosina es una técnica de coloración que utiliza una combinación de colorantes hematoxilina y eosina, estos colorantes actúan de forma simultánea, ya que la hematoxilina actúa como un colorante básico y la eosina es un colorante ácido. De esta manera la hematoxilina es considerado un colorante básico (catiónico) y por ello posee afinidad con estructuras ácidas, así por ejemplo con el núcleo celular, mientras que la Eosina, es un colorante ácido (aniónico) por lo tanto posee afinidad con estructuras básicas (alcalinas) como el citoplasma celular.

### ***1.7.3. Preparación de la muestra para un examen histopatológico***

El examen empieza mediante la recolección de la muestra de la zona en la cual se sospecha que podría presentar una afección del individuo o en casos de experimentación animal la muestra se obtiene del biomodelo experimental.

Las muestras son introducidas dentro de cajas para muestras histológicas y son debidamente rotuladas.

Las muestras son colocadas en un recipiente con tapa hermética, esta contiene una solución de etanol con formol al 10 %, el cual va a evitar la descomposición de la muestra hasta que vaya a ser estudiada. En algunos casos la muestra es congelada con los mismos propósitos de evitar la descomposición de la muestra.

La muestra es extraída y secada de la solución en la cual se encontraba para posteriormente ser fijadas con parafina y de esta manera poder realizar cortes histológicos de la muestra.

Dado que los tejidos son incoloros a excepción de ciertos pigmentos localizados en la sangre y la piel, se usan colorantes para delimitar las estructuras. Uno de los más utilizados es la coloración por tinción HE (Hematoxilina-Eosina).

#### **1.7.4. Parámetros de un examen HP**

##### **1.7.4.1. Polimorfonucleares (PMN)**

Los Polimorfonucleares juegan un rol central en la defensa contra microorganismos infecciosos. Su función principal es la destrucción de microorganismos. La producción de PMN es de  $1.5 \times 10^9$  células/kg por día y PMN tiene una vida media en circulación de 6 a 10 horas luego de lo cual abandonan el lecho vascular, accediendo a los tejidos periféricos en respuesta a diversos estímulos. Una vez allí, no regresan a la circulación y sobreviven allí por un periodo de entre 6 y 48 horas hasta su muerte o pérdida en la mucosa del tracto intestinal. (Aleman, 2003)

##### **1.7.4.2. Monomorfonucleares (MNN)**

Los Monomorfonucleares establecen la tercera barrera de defensa del organismo. Son células agranulocíticas, ya que carecen de gránulos en el citoplasma. Poseen un núcleo sin lobulaciones que se diferencian de los polimorfonucleares. (STODOCU, 2016)

##### **1.7.4.3. Edema**

El edema es el aumento de líquido en el intersticio. Tiene diversas causas, algunas originan trasudado causando edema generalizado por disminución de la presión oncótica (por ejemplo, síndrome nefrótico cirrosis hepática) o aumento de la presión hidrostática (insuficiencia cardíaca) o favoreciendo aldosteronismo secundario que causa la retención de sólido y agua. (Villegas, 2014)

El edema puede formarse debido a múltiples causas como las que mencionaremos a continuación:

- Consumo excesivo de sal
- Quemaduras del sol
- Insuficiencia cardíaca
- Enfermedades de los riñones
- Embarazo
- Algunos medicamentos

##### **1.7.4.4. Fibrosis**

La fibrosis es un proceso que involucra aquellos componentes celulares del tejido miocárdico, que se caracteriza por la activación de fibroblastos y matriz extracelular. Muchas son las causas

asociadas pero las principales son los procesos inflamatorios que pueden darse por quemaduras y exposiciones excesivas al sol.

#### *1.7.4.5. Área cicatricial*

Tejido fibroso que se forma cuando una enfermedad, lesión o una cirugía destruye el tejido normal. Por ejemplo, un tejido cicatricial se forma cuando sana una herida después de un corte, una llaga, una quemadura u otra afección de la piel, o cuando se hace incisión (corte) en la piel durante una cirugía. También se puede formar en el interior del cuerpo cuando ciertas afecciones, como la cirrosis, hacen que el tejido normal se vuelva fibroso. (Institute, 2015)

Una de las causas más comunes del tejido cicatrizar es una quemadura, en muchos casos son asociados a quemaduras solares por personas que son expuestas a constantes periodos altos de radiación solar.

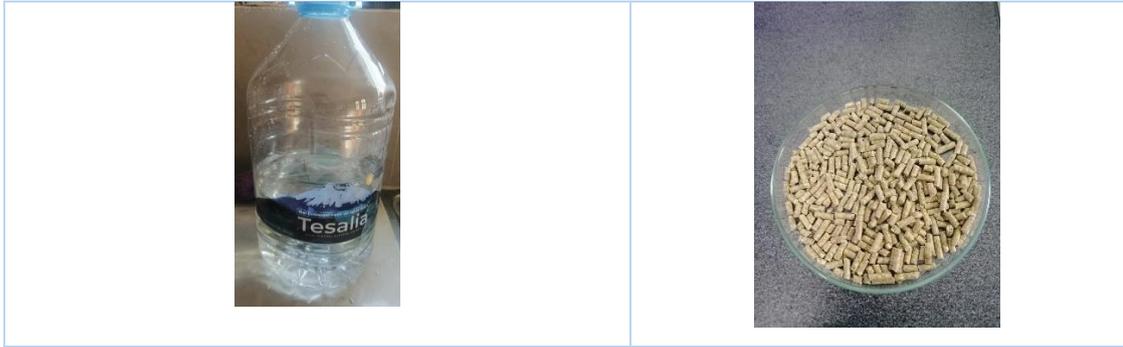
## CAPITULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Ambientación de los biomodelos experimentales

**Tabla 3-2:** Materiales para la ambientación de los Biomodelos Experimentales

Jaula de plástico con rejilla metálica		Afrecho de Trigo Esterilizado	
<b>Capacidad</b>	9 Biomodelos experimentales.	<b>Color</b>	Amarillo
<b>Color</b>	Transparente		
<b>Cantidad</b>	4		
<b>Peso</b>	Variante		
			
Comederos		Bebederos	
<b>Tamaño</b>	10 cm de Diámetro	<b>Tamaño</b>	Variante
<b>Color</b>	Transparente	<b>Color</b>	Transparente
<b>Material</b>	Vidrio Pírex	<b>Material</b>	Vidrio
<b>Cantidad</b>	4	<b>Cantidad</b>	4
			
Agua de Botellón		Alimento	
<b>Fórmula</b>	H <sub>2</sub> O	<b>Tipo</b>	Balanceado de Cuy
<b>Masa Molar</b>	18.02 g/mol	<b>Cantidad</b>	5 gr por Biomodelos al día
<b>Casa Comercial</b>	Tesalia Spring Company		
<b>Cantidad</b>	300 ml por bebedero		



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## 2.2. Cuidado y control de los biomodelos experimentales

**Tabla 4-2:** Materiales usados en el cuidado, limpieza y control de los Biomodelos.

Desinfectante	Balanza
Alcohol	Afrecho de Trigo
Detergente	Materiales de limpieza (Escoba, Franela, recogedor)
Cepillo	Cloro

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 5-2:** Materiales de protección obligatorio dentro del Bioterio

Mandil	Zapatones
Guantes quirúrgicos	Detector de radiación
Mascarilla	Gorro quirúrgico

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## 2.3. Configuración experimental e irradiación de los biomodelos experimentales

**Tabla 6-2:** Materiales y equipos para la irradiación de los Biomodelos

Lámparas de radiación UV		Detector de Índice de Radiación UV	
Modelo	Sylvania (Flat Pair Light)	Color	Naranja
Rango de Índice UV	0-20	Modelo	SunKnow
Cantidad	3	Error	+0,2
Poder	50-120 w	Rango de Índice UV	0-20
			
Regulador de Intensidad			
Modelo	DMX512		
Voltaje	AC90-40V, 50/60 Hz		

<b>Cantidad</b>	Vidrio Pírex
<b>Peso</b>	2 kg



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## 2.4. Toma y análisis de muestras

### 2.4.1. *Biometría hemática*

**Tabla 7-2:** Materiales utilizados para la obtención de sangre del Biomodelo

<p><b>1 kit de disección</b></p>	
<p><b>12 tubos lila pediátricos (12 para cada etapa)</b></p>	
<p><b>1 lápiz rotulador</b></p>	
<p><b>1 gradilla para tubos lila pediátricos</b></p>	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## 2.4.2. Examen histopatológico

**Tabla 8-2:** Materiales para la obtención de muestra de piel.

<b>1 kit de disección</b>	
<b>Etanol 1000 ml</b>	
<b>Formol 200 ml</b>	
<b>Probeta de 1000 ml</b>	
<b>Lápiz rotulador</b>	
<b>Cajas para muestras histológicas (36 en cada etapa)</b>	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## **2.5. Planteamiento de hipótesis**

### ***2.5.1. Hipótesis general***

Diferentes niveles de Radiación Ultravioleta producida por lámparas UV, causan efectos biológicos en sangre y tejido epitelial en los ratones (*Muss Musculus*).

### ***2.5.2. Hipótesis específica***

- La exposición a largos periodos de tiempo de los Biomodelos experimentales de diferentes índices a radiación ultravioletas produce efectos biológicos en
- La radiación UV producida por lámparas UV, afectan con mayor intensidad en las zonas que no presentan PELAJE del ratón

## **2.6. Diseño de la investigación**

### ***2.6.1. Tipo de investigación***

Esta investigación es cuantitativa ya que se presentarán valores del conteo de líneas sanguíneas en muestras de sangre, además es exploratoria ya que es una primera aproximación a los efectos de la radiación UV en ratones, y de tipo experimental deductiva ya que se tomarán muestras y se analizarán para construir las conclusiones del estudio.

## 2.6.2. Diseño experimental

**Tabla 9-2: Diseño experimental para el proceso de irradiación de los Biomodelos**

### Validación de la configuración experimental

- Se debe construir las jaulas, de tal modo que puedan albergar 9 ratones cada una, con una altura de tal modo que la intensidad de radiación de las lámparas sea igual a los índices de radiación UV seleccionados.
- Monitorear la radiación UV durante una semana antes de iniciar la irradiación con el fin de tener la intensidad de radiación deseada.

### Adaptación de los ratones a las jaulas

Los ratones deben adaptarse al ambiente en el cual deben permanecer por 15 días.

### Exposición a diferentes niveles de radiación UV a las ratas

- Agrupar a los ratones en cuatro grupos de 9 en una edad estandarizada
- Irradiar a las ratas con lámparas UV, a 3 diferentes intensidades y un grupo de control

### Realización de pruebas biológicas

- Una biometría hemática para determinar los cambios morfológicos en las células sanguíneas
- Un examen histopatológico para determinar el daño en el tejido epitelial del animal.

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## 2.7. Identificación de variables

- Variable dependiente: *Efectos Biológicos*
- Variable independiente: *La Radiación Ultravioleta*

## 2.8. Localización de estudio

El presente trabajo de investigación se lo realizará en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias.

## 2.9. Población de estudio

La población que será estudiada es ratones machos (*Mus Musculus*) de 2 meses de edad, disponibles en los laboratorios del Instituto Nacional de Salud Pública e Investigación (INSPI).

## **2.10. Tamaño de la muestra**

La muestra a utilizar será igual a 36 Biomodelos ratones, divididas en 4 grupos de 9 ratones que se encuentren en similares condiciones experimentales.

## **2.11. Método de muestreo**

El método de que se realizará para poder seleccionar la muestra es un método sistemático y periódico ya que se seleccionarán las muestras en intervalos de tiempo preestablecidos, y de acuerdo a la planificación de la exposición.

## **2.12. Técnicas de recolección de datos**

Para la recolección de datos se utilizará una matriz de datos digital, en base a todas las observaciones que se recolecten de los diferentes análisis biológicos.

## **2.13. Modelo estadístico**

El modelo estadístico a utilizar será un Test T-Student, ya que este modelo nos permite realizar la comparación de dos o más grupos de datos los cuales poseen las mismas variables, y también nos permite el análisis de dos variables cuando la muestra a estudiar no es muy grande o relativamente pequeña y no cumple las condiciones necesarias para la aplicación de algún otro método.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Selección de los índices de radiación

Se seleccionaron tres índices de radiación a los cuales serían irradiados los biomodelos, por lo tanto, se tomó tres índices uno para cada grupo.

- Grupo A, índice 10 considerado alto.
- Grupo B, índice 7 considerado moderado.
- Grupo C, índice 5 considerado bajo.

#### 3.2. Ambientación y cuidado de los modelos experimentales

##### 3.2.1. *Ambientación y alimentación*

Los BM experimentales fueron ubicados en el BIOTERIO de la Facultad de Ciencias, en donde permanecerían durante el proceso de experimentación.

Los BM experimentales fueron divididos en 4 grupos: Grupo A, B, C, BLANCO, posteriormente fueron ubicados dentro de jaulas plásticas con una rejilla metálica donde los primeros 15 días estarían en un proceso de ambientación. Los BM fueron alimentados todos los días, en el cual se utilizaba balanceado de cuy y la cantidad que se les daba era de 5 g por cada biomodelo los cuales eran ubicados dentro de las jaulas en los comederos. Conjuntamente con la alimentación se les daba agua de botellón introducidas dentro de los bebederos. Se utilizaba agua de botellón para poder evitar cualquier tipo de enfermedad que podrían contraer

##### 3.2.2. *Limpieza*

La limpieza de las jaulas se las realizaba tres veces por semana, martes, jueves y sábado. Este proceso se realizaba mediante la desinfección de las jaulas con Alcohol y afrecho de trigo esterilizado de la misma manera para evitar que contraiga cualquier tipo de enfermedad y así afectar los resultados de la experimentación. Posterior al cambio de jaula de los BM, se les daba alimento y agua. El afrecho de trigo que se había cambiado era desechado en grades costales para

posteriormente ser enviados a la Facultad de Recursos Naturales para que sea convertido en composte orgánico. Finalmente, se tenía que realizar la limpieza del laboratorio y las jaulas con jabón, cloro, desinfectante y agua.

### 3.2.3. *Peso de Biomodelos experimentales*

Los BM experimentales fueron pesados después de los 15 días a los cuales fueron sometidos al proceso de ambientación del hábitat donde permanecerían durante todo el proceso de experimentación y la radiación UV, a los cuales serían expuestos.

Al finalizar el pesaje de cada uno de los BM, se obtuvieron los siguientes pesos:

**Tabla 1-3:** Peso de los Biomodelos del grupo A

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

GRUPO A									
Biomodelo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Peso (g)	34	32	32	31	33	32	35	33	35

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 2-3:** Peso de los Biomodelos del grupo B

GRUPO B									
Biomodelo	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Peso (g)	32	33	34	31	35	34	31	35	34

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla3-3:** Peso de los Biomodelos del grupo C

GRUPO C									
Biomodelo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Peso (g)	34	32	3	31	35	31	33	33	32

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 4-3:** Peso de los Biomodelos del grupo BLANCO

GRUPO BLANCO									
Biomodelo	Blanco 1	Blanco 2	Blanco 3	Blanco 4	Blanco 5	Blanco 6	Blanco 7	Blanco 8	Blanco 9
Peso (g)	33	32	31	31	34	33	34	35	35

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

De esta manera podemos ver que todos los BM experimentales se encuentran con un peso variado entre los 30-35 g, que es el peso estándar para este tipo de BM, por lo tanto, se autoriza el inicio de la experimentación.

### 3.3. Examen Histopatológico de los Biomodelos Experimentales

Los biomodelos experimentales al finalizar con el proceso de irradiación fueron sometidos a un examen histopatológico para poder encontrar los efectos biológicos de la radiación UV en piel. Este proceso se lo realizó durante la finalización de cada etapa de exposición de los biomodelos a las lámparas de radiación UV.

#### 3.3.1. Toma de muestra para el examen histopatológico

Los BM fueron sacrificados al finalizar cada etapa de irradiación, debido a que la muestra a tomar era de diferentes zonas (cerebro, cola, oreja), y el animal no podría sobrevivir después de la extracción de la muestra.

Para iniciar se debía realizar una solución de formol al 10% en etanol, en el cual la muestra sería introducida, de esta manera se procedería a realizar la solución utilizando la siguiente fórmula:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

#### Datos:

C1: Concentración del formol: 10%

C2: Concentración del etanol: 35%

V1: Volumen del formol: 500 ml

V2: Volumen del etanol:

Despejamos el volumen 2 que es el volumen del etanol que debemos introducir al formol para la obtención de la solución de formol al 10% en etanol.

$$V2 = \frac{C1 \times V1}{C2}$$
$$V2 = \frac{10\% \times 500ml}{35\%}$$
$$V2 = 142,85 \text{ ml}$$

La cantidad que se debe introducir es 142,85 ml de etanol para la obtención de la solución.

Una vez ya con la solución donde serían introducidas las muestras, procedemos a sacrificar los biomodelos, mediante la separación del hueso atlas, posterior a eso se realizó la toma de muestras de cerebro, cola y oreja con el uso de un equipo de disección. Una vez ya obtenida la muestra con

el uso de un equipo de disección, las muestras serian introducida en cajas para muestras histológicas debidamente rotuladas anteriormente para que las muestras no sean confundidas.

Las muestras fueron introducidas en la solución del formol al 10% para evitar el daño de tejido y su descomposición. Finalmente, las muestras fueron analizadas por el Dr. Javier Robles en un laboratorio Anatomopatológico

### 3.3.1. Resultados del examen histopatológico (Primera etapa)

**Tabla 5-3:** Índices UV aplicado a cada grupo

Grupo	Índice de Radiación UV Irradiado
A	10
B	7
C	5
Blanco	0

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 6-3:** Parámetros de exposición etapa 1

Etapa:	1
Fecha de inicio:	16 De diciembre del 2019
Fecha de culminación:	30 De diciembre del 2019
Tiempo:	15 días (4 Horas al día) Total: 60 Horas

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

#### Interpretación:

✘= Negativo

✓= Positivo

**Tabla 7-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo A. Primera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO A-1			BIOMODELO A-2			BIOMODELO A-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 8-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo B. Primera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO B-1			BIOMODELO B-2			BIOMODELO B-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 9-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo C. Primera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO C-1			BIOMODELO C-2			BIOMODELO C-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 10-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo BLANCO. Primera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO BLANCO-1			BIOMODELO BLANCO-2			BIOMODELO BLANCO-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

El resultado del examen histopatológico realizado en la primera etapa (15 días), podemos darnos cuenta de que en un corto periodo de tiempo no existe ningún efecto biológico en piel en tejido epitelial de la presencia de los factores analizados (PMN, MNN, EDEMA, FIBROSIS, Área Cicatricial).

### 3.3.2. Resultados del examen Histopatológico (Segunda Etapa)

**Tabla 11-3:** Parámetros de exposición etapa 2

Etapa:	2
Fecha de inicio:	16 De diciembre del 2019
Fecha de culminación:	14 De enero del 2020
Tiempo:	30 días (4 Horas al día) Total: 120 Horas

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 12-3:** Índices UV aplicado a cada grupo

Grupo	Índice de Radiación UV Irradiado
A	10
B	7
C	5
Blanco	0

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Interpretación:**

×= Negativo

✓= Positivo

**Tabla 13-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo A. Segunda etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO A-1			BIOMODELO A-2			BIOMODELO A-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	✓	×	×	×	×	×	×	✓	×
MNN	×	×	×	×	×	×	×	×	×
EDEMA	×	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	×
FIBROSIS	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×
Área Cicatricial	×	×	×	✓	×	×	×	×	×

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

En esta segunda etapa, en la cual las condiciones de experimentación no cambiaron, podemos darnos cuenta de que los efectos biológicos en piel empiezan aparecer, especialmente en este grupo A, que están expuestos a un índice de radiación considerado muy alto.

Así tenemos que en el Biomodelo A-1, presenta PMN y FIBROSIS en cola, en oreja presenta Edema y Fibrosis, en el BM A-2, presenta afecciones en cola y oreja y en el BM A-3 también presenta daño en cola y oreja. Los efectos biológicos aparecen principalmente en lugares que no tiene pelaje como es el caso de oreja y cola y en las zonas cubiertas no poseen ningún tipo de alteraciones.

**Tabla 14-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo B. Segunda etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO B-1			BIOMODELO B-2			BIOMODELO B-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	✓	x	x	✓	x	x
FIBROSIS	✓	x	x	✓	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	✓	x	x	x	x	x	✓	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

En este grupo de BM experimentales también podemos ver efectos biológicos claros en la piel del animal, de la misma manera podemos ver que la radiación UV afecta principalmente a los las zonas que no están cubiertas por piel, como es el caso de la cola y la oreja, las cuales son las más sensibles a recibir daño debido a la gran cantidad de dosis de radiación que es administrado a diario y no tener ningún mecanismo de protección. Por otra parte, lugares que no están cubiertos por pelaje, no produce efecto.

**Tabla 15-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo C. Segunda etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO C-1			BIOMODELO C-2			BIOMODELO C-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	✓	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	✓	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

En el grupo C, los efectos biológicos son mínimos, en dos BM, el uno presenta una fibrosis en oreja y el otro un área cicatricial también oreja. Estas son las zonas más expuestas a la radiación UV.

**Tabla 6-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo BLANCO. Segunda etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO BLANCO-1			BIOMODELO BLANCO-2			BIOMODELO BLANCO-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

El grupo de control podemos darnos cuenta de que no existe ningún tipo de alteración en piel, debido a que no se encuentran sometidos a ningún tipo de exposición a la radiación UV.

### 3.3.3. Resultados del examen histopatológico (Tercera etapa)

**Tabla 17-3:** Parámetros de exposición etapa 3

<b>Etapa:</b>	<b>3</b>
<b>Fecha de inicio:</b>	<b>16 De diciembre del 2020</b>
<b>Fecha de culminación:</b>	<b>13 De febrero del 2020</b>
<b>Tiempo:</b>	<b>60 días (4 Horas al día) Total: 2240 Horas</b>

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 18-3:** Índices UV aplicado a cada grupo

Grupo	Índice de Radiación UV Irradiado
A	10
B	7
C	5
Blanco	0

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Interpretación:**

×= Negativo

✓= Positivo

**Tabla 9-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo A. Tercera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO A-1			BIOMODELO A-2			BIOMODELO A-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
MNN	×	×	×	×	×	×	×	×	×
EDEMA	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	×	×
FIBROSIS	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	×
Área Cicatricial	×	×	×	×	×	×	×	✓	×

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

En esta tercera etapa, el cual duro un total de 60 días de exposición de la radiación UV, fue la suficiente para poder ver efectos biológicos más claros en ciertas zonas como en cola y oreja del biomodelos experimental, de la misma manera podemos ver que al igual que en las demás etapas antes analizadas, no se encuentra ningún tipo de afección en cerebro el cual se encuentra en la cabeza y es una de las zonas más expuestas a la radiación UV.

**Tabla 20-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo B. Tercera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO B-1			BIOMODELO B-2			BIOMODELO B-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	✓	x	x	x	x
MNN	✓	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	✓	x	✓	✓	x	x	✓	x
FIBROSIS	✓	x	x	x	✓	x	✓	✓	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Aquí podemos ver que en los tres biomodelos existe alteraciones en el tejido de la piel, especialmente en las zonas que no presentan peaje debido a que no posee ningún tipo de protección para que atenué la radiación. en las zonas que no presenta pelaje podemos ver que la radiación no ha logrado provocar ningún tipo de alteración a nivel de piel.

**Tabla 21-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo C. Tercera tapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO C-1			BIOMODELO C-2			BIOMODELO C-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	✓	✓	x	x	✓	x	✓	✓	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

En este caso podemos ver que a pesar de que el índice de radiación es considerado medio, la radiación en todo el proceso de irradiación ha provocado alteraciones en la piel, especialmente en oreja y cola, debido a que son zonas que no cuentan con ningún tipo de protección como el resto del cuerpo del animal.

**Tabla 22-3:** Resultados del examen histopatológico del grupo BLANCO. Tercera etapa

PARAMETRO /ZONA	BIOMODELO BLANCO-1			BIOMODELO BLANCO-2			BIOMODELO BLANCO-3		
	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO	COLA	OREJA	CEREBRO
PMN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MNN	x	x	x	x	x	x	x	x	x
EDEMA	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FIBROSIS	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Área Cicatricial	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

### 3.4. Biometría hemática de los biomodelos experimentales

#### 3.4.1. Toma de muestra de los BM para la biometría hemática

Los BM fueron sacrificados al finalizar cada etapa de irradiación, debido a que la cantidad de sangre que se requiere para la realización de este estudio fueron de 0,5 ml, y el animal al momento de ser extraído esta cantidad de sangre corre el riesgo de morir, debido a que la cantidad de sangre máxima que se puede extraer de este tipo de BM experimental es 0,5 ml.

Para la obtención de la muestra se obtuvo mediante la técnica de goteo, el cual consiste en recolectar la sangre del animal en tubos lilas pediátricos, los cuales se recolecto directamente del corazón del animal, o de una arteria, posteriormente la muestra tenía que ser homogenizada dentro de los tubos, para de esta manera evitar la formación de un coagulo, esto se puede evitar gracias que en los tubos lilas existe un anticoagulante dentro de ellos, caso contrario la muestra no serviría. Una vez obtenida la muestra se procedió a rotular cada una de las muestras y así finalmente las muestras fueron enviadas al laboratorio clínico BIOLAB, en el cual el BQF. Santiago Tixe, realizo el procedimiento para realizar la Biometría Hemática de cada una de las muestras.

### 3.4.2. Resultados de la biometría hemática (Primera etapa)

**Tabla 23-3:** Resultados de la biometría hemática. Primera etapa

PARAMETRO	UNIDAD	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	BLANCO 1	BLANCO 2	BLANCO 3
Hematocrito	%	43,1	45,1	32,3	43,9	41,5	39,5	35,6	41,2	36,5	44,4	45,3	49,1
LYM%	%	51,1	65,8	52,2	62,1	60,1	59,4	47	49	51,5	61,7	62,1	60,7
EOS%	%	14,3	18,8	25,8	2,9	4,7	5,4	19,6	14,6	18,3	5,4	4,3	6,7

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Una vez obtenido los resultados de la Biometría Hemática de cada uno de los grupos, procedemos a realizar una prueba de normalidad denominada T-Student, el cual nos ayudara a ver si existen diferencias significativas de cada uno de los grupos respecto al blanco como se detalla a continuación:

**Tabla 24-3:** Análisis T-Student hematocrito del grupo ABC vs Control. Primera etapa

PARÁMETRO/GRUPO	HEMATOCRITO GRUPO A Y CONTROL		HEMATOCRITO GRUPO B Y CONTROL		HEMATOCRITO GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	40,16666667	46,26666667	40,16666667	46,26666667	37,76666667	46,26666667
<b>Varianza</b>	47,41333333	6,22333333	47,41333333	6,22333333	9,04333333	6,22333333
<b>Observaciones</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	-0,946971244		-0,946971244		-0,190838552	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0		0		0	
<b>Grados de libertad</b>	2		2		2	
<b>Estadístico t</b>	-1,138183842		-1,138183842		-3,457646985	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,186509607		0,186509607		0,037213465	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,373019214		0,373019214		0,074426931	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 25-3:** Análisis T-Student LYM del grupo ABC vs control. Primera etapa

PARÁMETRO/GRUPO	LYM GRUPO A Y CONTROL		LYM GRUPO B Y CONTROL		LYM GRUPO ACY CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	56,367	61,5	60,53333333	61,5	49,16666667	61,5
<b>Varianza</b>	67,043	0,52	1,96333333	0,52	5,08333333	0,52
<b>Observaciones</b>	3,000	3	3	3	3	3
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	0,672		0,475053526		-0,738083131	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0,000		0		0	
<b>Grados de libertad</b>	2,000		2		2	
<b>Estadístico t</b>	-1,151		-1,356562782		-7,551020408	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,184		0,153877811		0,008545022	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,920		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,369		0,307755622		0,017090044	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4,303		4,30265273		4,30265273	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 26 -3:** Análisis T-Student EOS del grupo ABC vs control. Primera etapa

PARÁMETRO/GRUPO	EOS GRUPO A Y CONTROL		EOS GRUPO B Y CONTROL		EOS GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
Media	19,63333333	5,466666667	4,333333333	5,466666667	17,5	5,466666667
Varianza	33,58333333	1,443333333	1,663333333	1,443333333	6,73	1,443333333
Observaciones	3	3	3	3	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	0,641561542		0,317320258		0,678608849	
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	2		2		2	
Estadístico t	4,803563338		-1,347129048		10,49578267	
P(T<=t) una cola	0,02035513		0,155137649		0,004477911	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,040710261		0,310275298		0,008955822	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

**Elaborado por:** Alex Dario Galarza Cuji, 2020

La biometría Hemática, es una prueba que nos ayuda a determinar si existe alteraciones en sangre, especialmente en tres parámetros (Hematocrito, LYM, EOS), que son factores que determinan un proceso de infección en sangre.

Para esto utilización un test de normalidad T-Student en el cual analizaremos las siguientes condiciones.

Si  $P(T \leq t)$  dos colas es mayor a 0,05 existe diferencia del grupo respecto al blanco.

Si  $P(T \leq t)$  dos colas es menor a 0,05 no existe diferencia del grupo respecto al blanco.

Podemos ver que en todos los casos si existe variación entre el grupo analizado y el grupo BLANCO, esto es debido a que la radiación UV, puede producir un proceso de infección, de la misma manera la radiación provoca el incremento de glóbulos rojos, por lo tanto, incrementa la capacidad de transporte de oxígeno de todas las células del organismo, también incrementan los glóbulos blancos, por lo tanto, su capacidad de defensa aumenta.

**Tabla 27-3:** Resultados de la biometría hemática. Segunda etapa

PARAMETRO	UNIDAD	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	BLANCO 1	BLANCO 2	BLANCO 3
Hematocrito	%	50	54	51	47	48	50	49	39	53	42	44	51
LYM%	%	45	38	37	50	52	38	46	42	38	48	47	51
EOS%	%	0,1	1	1	2,8	0,6	4,7	2	2	1	0,8	0,9	0,7

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

### 3.4.3. Resultados de la biometría hemática (Segunda etapa)

De la misma manera se realizan los Test de Normalidad entre cada grupo y el grupo blanco para ver si existe una significancia elevada

**Tabla 28-3:** Análisis T-Student hematocrito del grupo ABC vs control. Segunda etapa

PARÁMETRO/GRUPO	HEMATOCRITO GRUPO A Y CONTROL		HEMATOCRITO GRUPO B Y CONTROL		HEMATOCRITO GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
Media	51,66666667	45,66666667	48,33333333	45,66666667	47	45,66666667
Varianza	4,333333333	22,33333333	2,333333333	22,33333333	52	22,33333333
Observaciones	3	3	3	3	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,067767415		0,992777758		0,557538876	
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	2		2		2	
Estadístico t	1,963961012		1,436842416		0,383130514	
P(T<=t) una cola	0,094248664		0,143651677		0,36925591	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,188497329		0,287303355		0,73851182	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 29-3:** Análisis T-Student LYM del grupo ABC vs control. Segunda etapa

PARÁMETRO/GRUPO	LYM GRUPO A Y CONTROL		LYM GRUPO B Y CONTROL		LYM GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	40	48,66666667	46,66666667	48,66666667	42	48,66666667
<b>Varianza</b>	19	4,333333333	57,33333333	4,333333333	16	4,333333333
<b>Observaciones</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	-0,385727138		-0,993944096		-0,720576692	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0		0		0	
<b>Grados de libertad</b>	2		2		2	
<b>Estadístico t</b>	-2,725540575		-0,359210604		-2,03069233	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,056187318		0,376908509		0,08969503	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,112374635		0,753817018		0,17939006	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 30-3:** Análisis T-Student EOS del grupo ABC vs control. Segunda etapa

PARÁMETRO/GRUPO	EOS GRUPO A Y CONTROL		EOS GRUPO B Y CONTROL		EOS GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	0,7	0,8	2,7	0,8	1,666666667	0,8
<b>Varianza</b>	0,27	0,01	4,21	0,01	0,333333333	0,01
<b>Observaciones</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	-3,33848E-16		-0,999108867		0,866025404	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0		0		0	
<b>Grados de libertad</b>	2		2		2	
<b>Estadístico t</b>	-0,327326835		1,529409321		3,043069827	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,387253096		0,132891649		0,046572931	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,774506192		0,265783297		0,093145862	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

De la misma manera se tomará las siguientes consideraciones para realizar el análisis

Si  $P(T \leq t)$  dos colas es mayor a 0,05 existe diferencia del grupo respecto al blanco.

Si  $P(T \leq t)$  dos colas es menor a 0,05 no existe diferencia del grupo respecto al blanco.

Podemos ver que en todos los grupos analizados si existe variación entre el grupo tratado y el grupo blanco,

#### 3.4.4. Resultados de la biometría hemática (Tercera etapa)

**Tabla 31-3:** Resultados de la biometría hemática. Tercera etapa

PARAMETRO	UNIDAD	GRUPO A			GRUPO B			GRUPO C			BLANCO		
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	BLANCO 1	BLANCO 2	BLANCO 3
Hematocrito	%	49	50	52	48	49	51	48	41	49	42	49	47
LYM%	%	45	39	36	50	52	45	47	46	37	47	50	48
EOS%	%	1	1	2	2	0,8	0,5	0,5	1	2	0,3	1	1

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

De la misma manera se procede a realizar los test de Normalidad para ver la variación entre el grupo estudiado y el blanco

**Tabla 32-3:** Análisis T-Student hematocrito del grupo ABC vs control. Tercera etapa

PARÁMETRO/GRUPO	HEMATOCRITO GRUPO A Y CONTROL		HEMATOCRITO GRUPO B Y CONTROL		HEMATOCRITO GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	50,33333333	46	49,33333333	46	46	46
<b>Varianza</b>	2,333333333	13	2,333333333	13	19	13
<b>Observaciones</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	0,544704779		0,544704779		-0,636284763	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0		0		0	
<b>Grados de libertad</b>	2		2		2	
<b>Estadístico t</b>	2,456769075		1,889822365		0	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,066666667		0,099679615		0,5	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,133333333		0,199359231		1	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Al finalizar esta etapa podemos ver que de la misma forma existe una variación entre cada una de las variables mediante el análisis de dos colas.

**Tabla 33-3:** Análisis T-Student LYM del grupo ABC vs control. Tercera etapa

PARÁMETRO/GRUPO	LYM GRUPO A Y CONTROL		LYM GRUPO B Y CONTROL		LYM GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	40	48,33333333	49	48,33333333	43,33333333	48,33333333
<b>Varianza</b>	21	2,333333333	13	2,333333333	30,33333333	2,333333333
<b>Observaciones</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Grados de libertad</b>	2		2		2	
<b>Estadístico t</b>	-2,620712092		0,359210604		-1,555427542	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,05997916		0,376908509		0,130052282	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,11995832		0,753817018		0,260104564	

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Tabla 34-3:** Análisis T-Student EOS del grupo ABC vs control. Tercera etapa

PARÁMETRO/GRUPO	EOS GRUPO A Y CONTROL		EOS GRUPO B Y CONTROL		EOS GRUPO C Y CONTROL	
	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2	Variable 1	Variable 2
<b>Media</b>	1,333333333	0,766666667	1,1	0,766666667	1,166666667	0,766666667
<b>Varianza</b>	0,333333333	0,163333333	0,63	0,163333333	0,583333333	0,163333333
<b>Observaciones</b>	3	3	3	3	3	3
<b>Coefficiente de correlación de Pearson</b>	0,5		-0,981980506		0,755928946	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0		0		0	
<b>Grados de libertad</b>	2		2		2	
<b>Estadístico t</b>	1,912649432		0,483933918		1,309307341	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,097963796		0,338119023		0,16031689	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	2,91998558		2,91998558		2,91998558	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,195927591		0,676238046		0,32063378	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	4,30265273		4,30265273		4,30265273	

**Elaborado por:** Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Tomamos las siguientes consideraciones para realizar el análisis

Si  $P(T \leq t)$  dos colas es mayor a 0,05 existe diferencia del grupo respecto al blanco.

Si  $P(T \leq t)$  dos colas es menor a 0,05 no existe diferencia del grupo respecto al blanco.

De la misma manera podemos ver que existe una variación significativa entre el modelo comparado y el blanco, por lo tanto diremos que si existió un cambio debido a la incidencia de radiación a la cual estaban expuestas.

### 3.5. Efectos biológicos en el pelaje de los BM

Uno de los efectos biológicos más notorios de la exposición de los BM a la radiación solar fue el cambio del color del pelaje de los animales experimentales, mostrando un color amarillento como se lo ve en la siguiente imagen:

**Figura 1-3:** Biomodelos experimentales al inicio de la exposición UV



**Fuente:** Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**Figura 2-3:** *Biomodelo del grupo A, después de 60 días de exposición UV*



**Fuente:** Alex Dario Galarza Cuji, 2020

En la primera imagen podemos ver que los Biomodelos presentan un color blanco en su pelaje, los cuales aún no han sido sometidos a ningún tipo de exposición a la radiación UV, por otra parte, en la segunda imagen podemos ver un BM, del grupo A, después de los 60 días de exposición a las lámparas UV.

### 3.6. Discusión de resultados

Los Biomodelos Experimentales, al ser sometidos a un proceso de irradiación por un periodo largo de tiempo, afecta principalmente al tejido epitelial, especialmente a zonas descubiertas, es decir a las que se encuentran libre de pelaje, así en nuestro caso se realizó la exposición a lámparas UV de 36 BM macho de sepa *Muss Musculus*, los cuales fueron separados y clasificados en 4 grupos, A, B, C, BLANCO, cada uno con un total de 9 ratones, los cuales serían sometidos a un proceso de irradiación a diferentes niveles de índice ultravioleta, la experimentación se realizó en tres etapas en el cual cada grupo se le aplico un índice diferente de radiación UV, así al grupo A un índice de 10, al grupo B un índice de 7, al grupo C un índice de 5, y al grupo Blanco no se le aplicó ningún tipo de radiación debido a que este serviría como el grupo de control.

Durante la primera etapa de irradiación los resultados Histopatológicos no mostraron ninguna alteración en el tejido de la piel producto de la radiación, debido a que la primera etapa tubo un tiempo de duración de 15 días, el cual no fue suficiente para poder observar las afecciones que pueden presentar en piel, la dosis depositada en piel fue mínima y las alteraciones estructurales empezaría a aparecer en un periodo de tiempo más largo. A pesar de no obtener ningún efecto biológico en piel, si pudimos observar cierto tipo de variación en sangre mediante una biometría hemática, estos fueron debido a que la radiación UV produce el incremento de la cantidad de glóbulos rojos y blancos presentes en la sangre, esto también se puede dar debido a que existe un proceso patológico en la sangre producto de la radiación UV. por lo tanto, diremos que en la primera etapa la radiación UV, afecto directamente a la sangre de los BM, pero los efectos en piel aun no eran notorios.

La segunda etapa tubo un tiempo de duración de 30 días, en los cuales los BM fueron sometidos a las mismas condiciones de experimentación, a las que fueron sometidas inicialmente. En esta etapa los resultados de los análisis Histopatológicos ya empiezan a verse los efectos biológicos de la radiación UV en la piel, en especial en zonas que no presentan ningún tipo de protección por el pelaje como es el caso de la cola y oreja. La presencia de edemas, fibrosis, área cicatricial y PMN, en diferentes biomodelos, en particular en los biomodelos del grupo A y B, que son los grupos a los cuales se les aplico índices de radiación altos. El grupo C, también empieza a presentar daños del tejido en dos casos como fibrosis y área cicatricial en las zonas de la cola y la oreja. De la misma manera al analizar el un test T-Student para comparar los resultados obtenidos en una BH y observar las diferencias significativas entre cada uno de los grupos analizados respecto al blanco, se pudo ver que si existen diferencias de los tres parámetros analizados (Hematocrito, LYM, EOS) en cada grupo, esta variación se debe al incremento de glóbulos rojos y blancos consecuencia de la exposición a las lámparas UV.

La tercera etapa tubo un tiempo de 60 días desde el inicio de la exposición a la radiación UV y con las mismas condiciones de experimentación que las etapas anteriores. En esta etapa final, los resultados de los análisis Histopatológicos son más notorios en el grupo A debido a la presencia de edemas, fibrosis, área cicatricial en las zonas desprotegidas (cola, oreja) a diferencia del cerebro que en ninguno de las etapas aparece ningún tipo de alteración, en el grupo B, de la misma manera tenemos la aparición de ciertos edemas, área cicatricial y fibrosis que son producto de la exposición de los BM a la radiación UV. El grupo C, también se puede ver pequeñas alteraciones en zonas de la oreja y la cola, aunque es en pequeña cantidad debido a que el índice de radiación sometido es medio. Así también podemos ver cambios en las cantidades de glóbulos rojos y blancos en cada grupo respecto a nuestro blanco, debido a la larga exposición a la radiación UV

Una de las alteraciones que se puede ver a simple vista es el cambio de coloración en el pelaje de los BM, presentando antes de la experimentación un pelaje de color blanco y después de la experimentación presento un pelaje amarillento y envejecido. Este presenta un cambio en la coloración de su pelaje, debido a que la luz UV daña directamente al ADN de las células, induce dímeros de pirimidina ciclobutano, pirimidina (6,4) y pirimidina (6,4 PP) que son responsables del deterioro como la inhibición de la replicación y de la transmisión, el aumento en la aparición de la mutación, provoca la detención del ciclo celular de esta manera provocando su envejecimiento o también la muerte celular.

## CONCLUSIONES

- Mediante el uso de un detector de índice ultravioleta, lámparas UV, y un regulador de intensidad de luz se diseñó una configuración experimental de la lámpara UV y la jaula para obtener los distintos índices de radiación a los cuales serían expuestos los Biomodelos Experimentales durante el proceso de experimentación.
- Con el uso de las lámparas UV se irradió tres grupos de Biomodelos 4 horas al día durante 15 días, 30 días y 60 días, con diferentes índices de radiación, al primer grupo A con un índice de 10, al grupo B con un índice de 7 y al grupo C con un índice de 5, los cuales eran controlados mediante un detector de índice ultravioleta al iniciar y al finalizar la exposición de todos los días.
- Se determinó los efectos biológicos de la radiación ultravioleta producida por lámparas UV en ratones (*Mus Musculus*) mediante la irradiación de 3 grupos de biomodelos experimentales a diferentes índices de radiación UV y un grupo de control, durante tres periodos de tiempo, 15 días, 30 días y 60 días.
- Mediante una Biometría Hemática se determinó los efectos biológicos de la radiación UV en sangre, estudiando tres factores principales como es el Hematocrito, LYM, EOS y con la ayuda de un examen Histopatológico se determinó la existencia de efectos biológicos en piel con la aparición de PMN, Edemas, Área cicatricial y Fibrosis en las dos últimas etapas en los grupos A, B, C, provocados por la exposición a las lámparas ultravioletas.
- Mediante el examen histopatológico, se demostró que el pelaje de los BM actúa como un atenuador de la radiación, y no permite su paso, al demostrar que no existe ningún tipo de alteración en cerebro el cual está cubierto por pelaje, por lo tanto, no importa que tan grande sea el IUV, al que sea expuesto si existe un atenuador, no existirá ningún tipo de alteración.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el mismo estudio con diferentes Biomodelos Experimentales, como Ratas Topo los cuales son animales nocturnos y no poseen pelaje, de esta manera se podrá ver con mayor claridad los efectos de la radiación en la piel debido a que no tendrá ningún mecanismo de blindaje como en los utilizados en este proceso de experimentación con Biomodelos *Muss Musculus* que presentan pelaje en todo el cuerpo.
- Al momento de la irradiación se debe tomar constantemente el índice de radiación con el detector IUUV, debido a que los BM tienden a mover las lámparas y por lo tanto el índice de radiación con el que llega a la superficie donde se encuentran disminuye.
- Al momento de tomar las muestras histológicas se debe realizar con mucho cuidado para no afectar a la muestra debido a que si se lastima la muestra al momento de ser extraída puede producir falsos positivos en los resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALEMAN, MERCEDES.** *Papel de los polimorfonucleares neutrofilos en los procesos de anatomia cronica de la tuberculosis.* [En línea] 2003. [Citado el: 23 de Enero de 2020.] [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3563\\_Aleman.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3563_Aleman.pdf).

**MARTINEZ, MOLINA** Bioethics in Animal Experimentatio. 2, Málaga-España : s.n., 2015, Vol. 16.

**MOLINA MARTÍNEZ, JOSÉ L** Bioética en la Experimentación Animal. 2015. 2, Malaga-España : s.n., 2015, Vol. 16.

**CABRERA MORALES, LOPEZ NEVOT.** . *Efectos Biologicos de la radiacion UV.* [En línea] Septiembre de 2007. [Citado el: 12 de Enero de 2020.] [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-48352006000700003](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352006000700003).

**CAICEDO, BERNARDO.** . *Efecto de la radiación ultravioleta en el envejecimiento de ligantes y mezclas asfálticas.* [En línea] 19 de Mayo de 2015. [Citado el: 15 de Enero de 2020.] [https://www.researchgate.net/profile/Bernardo\\_Caicedo/publication/238770251\\_Efecto\\_de\\_la\\_radiacion\\_ultravioleta\\_en\\_el\\_envejecimiento\\_de\\_ligantes\\_y\\_mezclas\\_asfalticas/links/555b1f2d08ae6943a8787575/Efecto-de-la-radiacion-ultravioleta-en-el-envejecimiento-d](https://www.researchgate.net/profile/Bernardo_Caicedo/publication/238770251_Efecto_de_la_radiacion_ultravioleta_en_el_envejecimiento_de_ligantes_y_mezclas_asfalticas/links/555b1f2d08ae6943a8787575/Efecto-de-la-radiacion-ultravioleta-en-el-envejecimiento-d).

**CATALAN, ADRIAN AGUILAR.** . *Bioetica en la experimentacion animal.* [En línea] 20 de Enero de 2012. [Citado el: 15 de Enero de 2020.] <https://ddd.uab.cat/pub/trerepro/2011/85719/bioexpani.pdf>.

**DELGADO, LUIS VALLEJO.** . *Índice ultravioleta.* [En línea] 2003. [Citado el: 22 de Febrero de 2020.] [http://intranetua.uantof.cl/crea/INDICE\\_UV\\_\\_PARA\\_PUBLICAR\\_EN.pdf](http://intranetua.uantof.cl/crea/INDICE_UV__PARA_PUBLICAR_EN.pdf).

**TEREZINHA, ANGELA.** . *Efectos Biológicos en Animales Debidos a la Radiación Ultravioleta.* 2, Piura Peru : s.n., 2019, Vol. XXXIX. 182-187.

**HONEYMAN, JUAN.** *Efectos de la radiacion ultravioleta en piel.* 2002. 2, PERU : s.n., 2002, Vol. 12.

**FONTAL, BERNANDO.** . *El espectro Electromagnetico y sus Aplicaciones.* [En línea] 16 de diciembre de 2005. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/59123380/espectro\\_electromagnetico2019](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/59123380/espectro_electromagnetico2019)

0503-3772-or62wr.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEl\_Espectro\_Electromagnetico\_y\_sus\_Aplic.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=A.

**GARCÍA, VERONICA PAOLA.** . *Universidad austral de chile*. [En línea] 2008. [Citado el: 17 de 02 de 2019.] <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fcg216e/doc/fcg216e.pdf>.

**GUZMÁN, JULIO ALEJANDRO YSLA.** . *Desarrollo de un protocolo de Sanidad Acuicola para un lote de productores de Verdillo*. [En línea] Junio de 2015. [Citado el: 11 de Enero de 2020.]  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20010/yslag1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**INSTITUTE, NATIONAL CANCER.**. *Area Cicatricial* . [En línea] 2015. [Citado el: 14 de Enero de 2020.] <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/tejido-cicatricial..>

**MORALES, CABRERA.**. *Efectos de la radiacion en piel*. [En línea] 12 de 10 de 2006. [Citado el: 14 de 02 de 2019.] [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-48352006000700003](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352006000700003).

**NORMA, SANTIAGO LÓPEZ.** . *Blood Cytometry*. [En línea] 09 de Mayo de 2016. [Citado el: 13 de Enero de 2020.] <https://www.medigraphic.com/pdfs/actpedmex/apm-2016/apm164h.pdf>.

**SANCHEZ, CAROLINA PLACENCIA.** . *Careandcraft*. [En línea] 19 de Agosto de 2016. [Careandcraft.com](http://Careandcraft.com).

**SAUCEDO, MARICELA OLEARTE.** . *Efecto de la radiación ultravioleta (UV) en animales domésticos*. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de Enero de 2020.] <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v10n2/2448-6698-rmcp-10-02-416.pdf>.

**SOLCA NUCLEO DE QUITO.** . *Tipos mas comunes de cancer* . [En línea] 2015. [Citado el: 14 de 02 de 2019.] <http://www.solcaquito.org.ec/inicio/noticias/144-quito-registra-el-mayor-indice-de-cancer-de-piel-del-pais>.

**SOLCA NUCLEO QUITO.** . *Cancer de piel* . [En línea] 2014. [Citado el: 18 de 02 de 2019.] <http://www.estadisticas.med.ec/Publicaciones/PUBLICACION-QU-2006-2010.pdf>.

**STODOCU. 2016.** *Histologia Monomorfonucleares exposicion de histología*. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de Febrero de 2020.] <https://www.stodocu.com/es/document/universidad-nacional->

pedro-ruiz-gallo/histologia/informe/histologia-monomorfonucleares-exposicion-de-histologia/5147022/view.

**TCHERNITCHIN, ADREI.** . *Efectos de la Radiación Electromagnética sobre la Salud.* [En línea] 2003. [Citado el: 12 de Enero de 2020.] <http://www.avaate.org/IMG/pdf/ParlamentoChileElectrosmog.pdf>.

**SMITH, SAMS.** Ultraviolet light induced connective tissue. **2006.** 43, Madrid : Stain Technol, 2006, Vol. 2.

**VILLEGAS, BALDOMERO FLORES.** . *Edema, Enfoque Clínico.* [En línea] 014. [Citado el: 15 de Enero de 2020.] <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2014/mim141g.pdf>.

## ANEXOS

### ANEXO A: RESULTADOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA. PRIMERA ETAPA

PARAMETRO	UNIDAD	GRUPO A			GRUPO B			GRUPO C			BLANCO		
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	BLANCO 1	BLANCO 2	BLANCO 3
Contage de Glóbulos Blancos	10 <sup>3</sup> uL	7,97	10,32	7,34	5,76	6,54	7,01	5,66	5,74	6,55	4,31	5,56	5,1
Contage de Glóbulos Rojos	10 <sup>6</sup> uL	8,42	8,76	7,23	8,65	7,34	5,53	7,5	6,4	5,2	8,44	10,5	10,01
Hematocrito	%	43,1	45,1	32,3	43,9	41,5	39,5	35,6	41,2	36,5	44,4	45,3	49,1
Hemoglobina	g/dL	14,4	15,9	12,1	15,7	14,1	13,5	13,7	16,5	15,4	15,3	16,2	14,2
NEU%	%	12	7,2	18,2	34	33	30	16,3	18,5	17,4	31,3	32,3	29,1
LYM%	%	51,1	65,8	52,2	62,1	60,1	59,4	47	49	51,5	61,7	62,1	60,7
MON%	%	15,6	5,5	3,2	0,9	1,2	2,4	15,4	16,5	16,3	1,4	1,3	3,5
EOS%	%	14,3	18,8	25,8	2,9	4,7	5,4	19,6	14,6	18,3	5,4	4,3	6,7
BAS%	%	5	2,7	0,6	0,1	1	2,8	1,7	1,4	21,9	0,2	0,3	0,2
NEU#	#	0,36	0,74	0,24	1,96	1,84	1,75	0,92	0,93	0,91	1,35	1,44	1,56
LYM#	#	1,51	6,79	0,7	3,57	3,07	2,84	2,66	2,9	2,5	2,66	3,1	3,4
MON#	#	0,46	0,57	0,04	0,05	0,04	0,03	0,87	0,91	0,89	0,06	0,1	0,14
EOS#	#	0,43	1,94	0,35	0,17	0,15	0,14	1,11	1,22	1,32	0,23	0,44	0,15
BAS#	#	0,21	0,28	0,01	0,01	0,02	0,01	0,1	0,01	0,01	0,01	0,02	0,11

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**ANEXO B: RESULTADOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA. SEGUNDA ETAPA**

PARAMETRO	UNIDAD	GRUPO A			GRUPO B			GRUPO C			BLANCO		
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	BLANCO 1	BLANCO 2	BLANCO 3
Contage de Glóbulos Blancos	10 <sup>3</sup> uL	3,6	3,4	3,8	3,3	3,2	4,1	2,3	3,8	3,6	2,8	2,7	3,1
Contage de Glóbulos Rojos	10 <sup>6</sup> uL	5,3	5,7	5,4	5,4	5,1	5,3	5,2	4,1	5,6	4,4	4,3	4,7
Hematocrito	%	50	54	51	47	48	50	49	39	53	42	44	51
Hemoglobina	g/dL	16,5	17,82	16,83	15,51	15,84	16,5	16,17	12,87	17,47	13,86	13,5	14,1
NEU%	%	52	59	60	44	46	55	50	53	59	50	49	47
LYM%	%	45	38	37	50	52	38	46	42	38	48	47	51
MON%	%	2,5	1,5	1,5	3	1	2	1,8	2	1,5	1,2	2	1,3
EOS%	%	0,1	1	1	2,8	0,6	4,7	2	2	1	0,8	0,9	0,7
BAS%	%	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,5	0	1,1	0
NEU#	#	0,5	0,76	0,84	0,56	0,63	0,45	0,4	0,44	0,65	0,75	0,3	0,5
LYM#	#	1,5	1,53	2,1	1,44	1,25	1,5	2,3	1,2	1	1,5	1,3	1
MON#	#	0,23	0,39	0,43	0,34	0,5	0,35	0,59	0,49	0,45	0,67	0,36	0,6
EOS#	#	0,3	0,3	0,24	0,34	0,39	0,54	0,6	0,5	0,56	0,48	0,46	0,5
BAS#	#	0,01	0,04	0,03	0,12	0,11	0,12	0,2	0,01	0,01	0	0,02	0

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

**ANEXO C: RESULTADOS DE LA BIOMETRÍA HEMÁTICA. TERCERA ETAPA**

PARAMETRO	UNIDAD	GRUPO A			GRUPO B			GRUPO C			BLANCO		
		A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	BLANCO 1	BLANCO 2	BLANCO 3
Contage de Glóbulos Blancos	10 <sup>3</sup> uL	3,4	3,3	3,8	3,1	3,1	3,9	2,2	3,1	3,4	2,6	2,8	3,1
Contage de Glóbulos Rojos	10 <sup>6</sup> uL	5,4	5,6	5,2	5,3	5	5	5,2	4,3	3,8	4,3	4,2	4,5
Hematocrito	%	49	50	52	48	49	51	48	41	49	42	49	47
Hemoglobina	g/dL	16,2	17,82	16,75	15,4	15,25	14,85	13,45	15,25	14,3	13,15	14,5	14,35
NEU%	%	52	58	59	45	46	52	50	52	58	51	47	49
LYM%	%	45	39	36	50	52	45	47	46	37	47	50	48
MON%	%	2	2	2	3	1,2	2	1,5	0,2	2	1	2	1,5
EOS%	%	1	1	2	2	0,8	0,5	0,5	1	2	0,3	1	1
BAS%	%	0	0	1	0	0	0,5	1	0,8	1	0,7	0	0,5
NEU#	#	1,1	0,9	1,2	0,9	0,7	1,22	1,1	1,4	1,58	1,22	0,9	0,95
LYM#	#	0,59	0,87	0,52	1,1	1,23	0,9	0,77	0,84	0,65	0,88	1,02	1,01
MON#	#	0,4	0,36	0,36	0,41	0,23	0,37	0,31	0,35	0,42	0,37	0,41	0,37
EOS#	#	0,23	0,29	0,31	0,29	0,21	0,38	0,3	0,32	0,29	0,21	0,19	0,25
BAS#	#	0	0	0,015	0	0	0,1	0,05	0,1	0,15	0,14	0	0,01

Elaborado por: Alex Dario Galarza Cují, 2020

## ANEXO D: CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL LAMPARA UV, JAULA

Configuración del IUV



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Distancia de ubicación de la lampara



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Lugar de exposición de los BM



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 20

## ANEXO E: PROCESO DE IRRADIACIÓN DE LOS BIOMODELOS EXPERIMENTALES

Exposición de los BM



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Configuración Lámparas vs Jaula



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

## ANEXO F: PREPARACIÓN DE FORMOL AL 10 % EN ETANOL

Preparación de formol al 10 %



Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020

Medición del etanol.

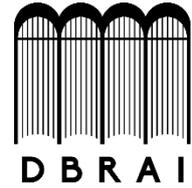


Elaborado por: Alex Dario Galarza Cuji, 2020





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 11 / 03 / 2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Alex Dario Galarza Cuji
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Biofísica
<b>Título a optar:</b> Biofísico
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>