

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

**CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE
LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA-B EN LA
CIUDAD TACNA, PERIODO: 2012-2014**

TESIS

PRESENTADA POR:

GUADALUPE MIRANDA ESPINOZA

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA - PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE
GROHMANN - TACNA**
Escuela de Posgrado

Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible


**CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA
RADIACIÓN ULTRAVIOLETA – B EN LA CIUDAD
TACNA, PERIODO 2012-2014**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de junio del 2018, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :


.....
Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila

SECRETARIO :


.....
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez

VOCAL :


.....
MSc. Hugo Alfredo Torres Muro

ASESOR :


.....
MSc. Carlos Armando Polo Bravo

DEDICATORIAS

Con mucho cariño a mis adorables y excelentes padres Leonila y Andrés por darme la vida y ser artífices de lo que soy.

En especial a mi hijita María Alejandra por darme esa fortaleza desde que nació y por su gran amor y cariño.

A mis queridos hermanos Hernán, Jacinto, Anita, Juan Bautista, Emilia, Andrés y Melania por su inmenso cariño.

Al Ing. Alejandro Maquera Callo, Ing. Edgar José Janampa Pérez y a los amigos Observadores Hidrometeorológicos del SENAMHI Tacna y Moquegua.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional “Jorge Basadre Grohmann” y Escuela de postgrado por su esencial participación en nuestra formación profesional.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, Dirección Regional Tacna y Moquegua por proporcionarme la información meteorológica base fundamental de la presente investigación.

Al asesor Magister Science Carlos Armando Polo Bravo y jurados de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna por su asesoría e incansable labor como docentes y formadores de las generaciones del futuro.

CONTENIDO

	Pág.
Índice de figuras	x
Índice de cuadros	xxi
Índice de tablas	xxii
Índice de términos	xxiii
Resumen	xxvi
Abstract	xxvii
Introducción	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	
1.1 Formulación del problema	5
1.1.1 Problema general	5
1.1.2 Problema específico	5
1.2 Justificación de la investigación	6
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4 Hipótesis	8
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	
2.1 Antecedentes del estudio	9

2.2	Marco normativo	18
2.2.1.	Comunidad Económica Europea	18
2.2.2.	Estados Unidos	18
2.2.3.	Chile	19
2.2.4.	Perú	20
2.3	Radiación solar y radiación ultravioleta	22
2.3.1.	El Sol	22
2.3.2	Características de la radiación solar	24
2.3.3	El Sol como fuente de la radiación ultravioleta	27
2.4	Radiación ultravioleta	29
2.4.1	La capa de ozono y la radiación ultravioleta B	29
2.4.2	Factores ambientales que determinan la intensidad de la radiación solar ultravioleta en superficie	32
2.4.3	Tipos de radiación ultravioleta	39
2.4.3.1	Ultravioleta tipo A o Ultravioleta cercano	40
2.4.3.2	Ultravioleta tipo B o Ultravioleta medio	41
2.4.3.1	Ultravioleta tipo C o Ultravioleta lejano	41
2.4.4	Efectos de la exposición a la radiación UV sobre la salud	42
2.4.4.1	Interacción de la radiación solar UV en la piel humana	46
2.4.4.2	Enfermedades causadas por la radiación UV	49
2.5.	Definición operacional de las variables	53

2.5.1	Índice de radiación ultravioleta	53
2.5.2	Nivel de riesgo de exposición a la radiación ultravioleta	55
2.5.3	Tiempo de tolerancia de exposición a la radiación UV según foto tipo de piel.	56
2.5.4.	Tiempo de tolerancia de exposición a la radiación UV-B según foto tipo de piel	58
2.6	Medición de la radiación solar ultravioleta	59
2.6.1	Instrumento para el registro de la radiación ultravioleta	59
2.6.2	Estación meteorológica Jorge Basadre Grohmann	59
2.6.3	Biómetro solar	60
2.6.4	Operación y mantenimiento del equipo biómetro	63
2.7	Morbilidad de personas víctimas de enfermedades de la radiación ultravioleta en Tacna	63
2.7.1	Morbilidad de personas víctimas de enfermedades de la radiación ultravioleta, por edades	65

CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo y diseño de la investigación	67
3.1.1	Tipo de investigación	67
3.1.2	Nivel de investigación	67
3.1.3	Caracterización del diseño de investigación	68

3.2	Variables y operacionalización	69
3.2.1	Identificación de las variables	69
3.2.2	Caracterización de las variables	70
3.2.3	Técnicas de recolección de datos	70
3.2.4	Instrumento de recolección de datos	71
3.3	Procesamiento y análisis de datos	71
CAPÍTULO IV RESULTADOS		
4.1	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B a nivel horaria mensual	73
4.1.1	Cuantificación y caracterización de la RUV año 2012	73
4.1.2	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B a nivel horaria a nivel mensual, durante el año 2013	85
4.1.3	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B a nivel horaria a nivel mensual, durante el año 2014	97
4.1.4	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B horaria a nivel mensual, multianual (2012- 2014)	109
4.1.5	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B a nivel horaria multianual (2012-2014)	121
4.1.6	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B horaria a nivel estacional multianual (2012-2014).	122
4.2	Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta	

B máxima diaria a nivel mensual, multianual (2012- 2014)	123
4.3 Cuantificación y caracterización de la IUV-B máxima diaria a nivel estacional, periodo 2012 - 2014	147
4.4 Cuantificación y caracterización del IUV-B, máxima media mensual, a nivel anual periodo 2012 - 2014	155
4.5 Cuantificación y caracterización del IUV-B, máxima media multianual periodo 2012 - 2014	161
4.6 Cuantificación y caracterización del IUV-B, máxima media mensual extremas periodo 2012 - 2014	163
4.7 Comportamiento desviación estándar multianual del IUV-B máxima media mensual periodo 2012 - 2014	164
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	
5.1 Variación interanual del índice de radiación ultravioleta B	165
5.2 Variación anual del índice de radiación ultravioleta B	166
5.3 Variación estacional y mensual del índice de radiación ultravioleta B	167
5.4 Variación diario del índice de radiación ultravioleta B	170
5.5 Contrastación de hipótesis	173
CONCLUSIONES	174
RECOMENDACIONES	176
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: El problema de la Radiación Ultravioleta ¿En qué lugar de la Tierra es la RUV más intensa?	17
Figura 2: Mapa nacional de energía solar en Tacna y Moquegua	25
Figura 3: Espectro la energía solar incidente sobre la superficie terrestre	26
Figura 4: El espectro electromagnético de las radiaciones emitidas por el Sol	28
Figura 5. La capa de ozono se localiza en la estratósfera	30
Figura 6: Agujero de la capa de ozono, 04 de octubre 2004	31
Figura 7: Factores ambientales que determinan la intensidad de la radiación solar ultravioleta en superficie	32
Figura 8: Incidencia de la radiación según latitudes: altas, medias y bajas	34
Figura 9. Tipos de radiación ultravioleta UV-A, UV-B y UV-C	42
Figura 10. Riesgo de exposición a la Radiación Ultravioleta UVA, UVB	49
Figura 11. Efectos negativos de la radiación UV en la salud	52

Figura 12: Biómetro solar light modelo 501	60
Figura 13: Tacna-Morbilidad de personas afectadas por radiación Ultravioleta	64
Figura 14: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, enero 2012	73
Figura 15: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, febrero 2012	74
Figura 16: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo marzo 2012	75
Figura 17: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, abril 2012	76
Figura 18: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, mayo 2012	77
Figura 19: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, junio 2012	78
Figura 20: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, julio 2012.	79
Figura 21: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, agosto 2012	80
Figura 22: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, setiembre 2012	81

Figura 23: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, octubre 2012	82
Figura 24: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, noviembre 2012	83
Figura 25: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, diciembre 2012	84
Figura 26: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, enero 2013	85
Figura 27: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, febrero 2013	86
Figura 28: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, marzo 2013	87
Figura 29: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, abril 2013	88
Figura 30: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, mayo 2013	89
Figura 31: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, junio 2013	90
Figura 32: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, julio 2013.	91
Figura 33: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y	

niveles de riesgo, agosto 2013	92
Figura 34: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, setiembre 2013	93
Figura 35: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, octubre 2013	94
Figura 36: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, noviembre 2013	95
Figura 37: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, diciembre 2013	96
Figura 38: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, enero 2014	97
Figura 39: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, febrero 2014.	98
Figura 40: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, marzo 2014	99
Figura 41: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, abril 2014	100
Figura 42: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, mayo 2014	101
Figura 43: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, junio 2014	102

Figura 44: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, julio 2014	103
Figura 44: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, agosto 2014	104
Figura 46: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, setiembre 2014	105
Figura 47: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, octubre 2014	106
Figura 48: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, noviembre 2014	107
Figura 49: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, diciembre 2014	108
Figura 50: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, enero 2012-2014	109
Figura 51: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, febrero 2012-2014	110
Figura 52: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, marzo 2012-2014	111
Figura 53: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, abril 2012-2014	112
Figura 54: Caracterización de índice de radiación UV-B horario	

multianual y niveles de riesgo, mayo 2012-2014	113
Figura 55: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, junio 2012-2014	114
Figura 56: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, julio 2012-2014	115
Figura 57: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, agosto 2012-2014	116
Figura 58: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, setiembre 2012-2014	117
Figura 59: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, octubre 2012-2014	118
Figura 60: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, noviembre 2012-2014	119
Figura 61: Caracterización de índice de radiación UV-B horario multianual y niveles de riesgo, diciembre 2012-2014	120
Figura 62: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual 2012-2014	121
Figura 63: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual estacional 2012-2014	122

Figura 64:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual enero 2012-2014	123
Figura 65:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria enero (2012-2014)	124
Figura 66:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual febrero 2012-2014	125
Figura 67:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria febrero (2012-2014)	126
Figura 68:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual marzo 2012-2014	127
Figura 69:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria marzo (2012-2014)	128
Figura 70:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual abril 2012-2014	129
Figura 71:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria abril (2012-2014)	130

Figura 72:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual mayo 2012-2014	131
Figura 73:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mayo (2012-2014)	132
Figura 74:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual junio 2012-2014	133
Figura 75:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria junio (2012-2014).	134
Figura 76:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual julio 2012-2014.	135
Figura 77:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria julio (2012-2014)	136
Figura 78:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual mes de agosto (2012.-2014)	137
Figura 79:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria agosto (2012-2014)	138
Figura 80:	Comportamiento y caracterización de índice de	

	radiación UV-B máximo media diario multianual setiembre 2012-2014	139
Figura 81:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria setiembre (2012-2014)	140
Figura 82:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual octubre 2012-2014	141
Figura 83:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria octubre (2012-2014).	142
Figura 84:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual noviembre 2012-2014	143
Figura 85:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria noviembre (2012-2014)	144
Figura 86:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual diciembre 2012-2014	145
Figura 87:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria diciembre (2012-2014)	146
Figura 88:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual durante el verano	

	2012-2014	147
Figura 89:	Frecuencia de niveles de riesgo, del índice de radiación UV-B máximo diario multianual durante el verano 2012-2014	148
Figura 90:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual durante el otoño 2012-2014	149
Figura 91:	Frecuencia de niveles de riesgo, del índice de radiación UV-B máximo diario multianual durante el otoño 2012-2014	150
Figura 92:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual durante el invierno 2012-2014	151
Figura 93:	Frecuencia de niveles de riesgo, del índice de radiación UV-B máximo diario multianual durante el invierno 2012-2014	152
Figura 94:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media diario multianual durante la primavera 2012-2014	153
Figura 95:	Frecuencia de niveles de riesgo, del índice de radiación UV-B máximo diario multianual durante la	

	primavera 2012-2014	154
Figura 96:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media mensual durante año 2012	155
Figura 97:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición del índice de radiación UV-B máximo media mensual durante el año 2012	156
Figura 98:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media mensual durante año 2013	157
Figura 99:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máximo media mensual durante el año 2013	158
Figura 100:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media mensual durante año 2014	159
Figura 101:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máximo media mensual durante el año 2014	160
Figura 102:	Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media mensual multianual 2012- 2014	161
Figura 103:	Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máximo media mensual multianual 2012-2014	162

Figura 104: Comportamiento y caracterización de índice de radiación	
UV-B máximo media extremas multianual 2012- 2014	163
Figura 105: Comportamiento de desviación estándar 2012-2014	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01:	Clasificación de la radiación ultravioleta de acuerdo al segundo congreso de la luz, agosto de 1935	40
Tabla 02:	Equivalencias índice de radiación UV y Med/h	55
Tabla 03:	Categorías de exposición a la radiación UV según OMS	57
Tabla 04:	Sistema de protección solar recomendado según riesgo de exposición	57
Tabla 05:	Tiempo y tolerancia a la radiación UV-B según foto tipo de piel	58
Tabla 06:	Morbilidad de personas con cáncer a la piel, por años, en Tacna	64
Tabla 07:	Morbilidad de personas con cáncer a la piel, según etapas de vida en Tacna	65

ÌNDICE DE TÉRMINOS

RADIACIÓN	Término genérico utilizado cuando se hace referencia a la energía proveniente del Sol.
IRRADIACIÓN	Energía incidente por unidad de área en un tiempo definido
IRRADIANCIA SOLAR	Intensidad de radiación solar sobre una superficie.
AZIMUT SOLAR	Ángulo que forma la proyección del rayo de sol sobre el plano horizontal y el meridiano del lugar.
RADIACIÓN SOLAR DIRECTA	La que llega a una superficie sin haber sufrido dispersión en su trayectoria a través de la atmósfera.
RADIACIÓN SOLAR DIFUSA	La que llega a una superficie después de sufrir múltiples desviaciones
RADIACIÓN SOLAR GLOBAL	Suma de la radiación directa y difusa
DECLINACIÓN SOLAR	Ángulo que forma la recta que une la Tierra y el Sol con el plano que contiene al Ecuador terrestre
UV-BIOMETER Mod.501	Instrumento de medición de radiación Ultravioleta B.
UVA	Radiación Ultravioleta A

UV-B	Radiación Ultravioleta B
UVC	Radiación Ultravioleta C
NANOMETRO (nm)	Medida de longitud utilizada para medir radiaciones
DOBSON UNIT (DU)	Unidad de medida de ozono equivalente a la cantidad de éste contenida en un espesor de una centésima mm
MED	Dosis Eritémica Mínima
MED/h	Dosis Eritémica Mínima por hora
RUV	Radiación Ultravioleta
IUV	Índice de radiación Ultravioleta
CAPA DE OZONO	Capa que nos protege de los rayos peligrosos del Sol
FOTOTIPO	Tipos de piel y su relación con exposición a la radiación
ALBEDO	Irradiancia solar que es reflejada por la superficie
FOTOPERÍODO	Período de iluminación solar comprendido desde la salida hasta la puesta del Sol.
HELIOFANÍA	Es el tiempo, en horas, durante el cual el Sol tiene un brillo solar efectivo.

INSOLACIÓN	Exposición prolongadamente a la acción de los rayos ultravioleta del Sol
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
OMS	Organización Mundial de la Salud
OMM	Organización Meteorológica Mundial

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de cuantificar y caracterizar la radiación ultravioleta B sobre la ciudad de Tacna en relación a los niveles de riesgo de exposición. Se ha utilizado la información básica de radiación ultravioleta B correspondiente al periodo 2012 – 2014, generada en la estación meteorológica agrícola principal MAP-Jorge Basadre Grohmann operada por el SENAMHI, en la que se realizaron las mediciones de IUV.

Los índices de radiación ultravioleta B a nivel diaria, mensual y multianual alcanzaron máximos valores de 8 a 10 y 11 a más niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre con frecuencias de ocurrencia 67 % y 33 %, mientras que los índices mínimos registrados fueron de 3 a 5 con nivel de riesgo moderada en los horarios de 8:00 h y 17:00 h, con frecuencias del 40 % y 83 % durante los meses de junio y julio respectivamente. Los resultados obtenidos constituyen indicadores importantes de prevención para la población con la finalidad de tomar medidas de prevención frente a la exposición a la radiación ultravioleta UVB y minimizar sus efectos dañinos.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of quantifying and characterizing the ultraviolet B radiation over the city of Tacna in relation to the risk levels of exposure. The basic information of ultraviolet radiation B corresponding to the period 2012 - 2014, generated in the MAP-Jorge Basadre Grohmann main agricultural meteorological station operated by the SENAMHI, in which the IUV measurements were made, was used.

The daily, monthly and multiannual ultraviolet B indexes reached maximum values of 8 to 10 and 11 to more levels of very high and extremely high risk in the months of January, February, November and December with frequencies of occurrence 67 % and 33 %, while the minimum rates recorded were from 3 to 5 with a moderate level of risk in the hours of 8:00 am and 5:00 pm, with frequencies of 40% and 83 % during the months of June and July, respectively. The results obtained are important indicators of prevention for the population in order to take preventive measures against exposure to ultraviolet UVB radiation and minimize its harmful effects.

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos de los años setenta, se ha detectado en todo el mundo un pronunciado incremento de la incidencia de cáncer a la piel en la población, debido a la exposición excesiva al sol y a su componente radiación ultravioleta (UV), por lo que se necesitan urgentemente programas educativos para dar a conocer los efectos nocivos de la radiación UV e impulsar cambios de los estilos de vida con el fin de disminuir los casos de cáncer de piel y demás efectos adversos a la salud. (OMS, 2003).

La radiación solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas, esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima, entre otros procesos de intercambio de energía.

La radiación ultravioleta (UV) es una forma de energía radiante invisible que cubre el rango de longitudes de onda entre los 100 y 400 nanómetros correspondiente a una energía de aproximadamente 12 eV (electrón voltio). De este rango del espectro solar el ozono atmosférico absorbe completamente toda la radiación entre 100 y 280 nm, mientras que para el rango entre los 280 y 315, la atmósfera absorbe casi el 90 % de

esta radiación denominada UVB. Dado que la cantidad de radiación UVB que llega a la superficie está fuertemente relacionada con la capa de ozono, una reducción en esta capa implicará un aumento en la radiación que llega a la superficie terrestre. La radiación UV del espectro electromagnético emitido por el sol se divide en tres bandas siguientes: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm) de acuerdo a la (OMS, 2003 y CIE, 2011).

Esta radiación se puede medir como una irradiancia incidente (potencia por unidad de área) expresada en W/m^2 , o como una exposición radiante, o dosis de energía que incide por unidad de área de superficie durante un periodo de tiempo, expresada en J/m^2 (OMM, 1994).

El progresivo deterioro que ha sufrido la capa de ozono en las últimas décadas tiene consecuencias importantes sobre los seres vivos en la Tierra, debido al incremento de la radiación ultravioleta B (280- 320 nm) la cual es principalmente absorbida por el ozono estratosférico (Herman, 1996).

La radiación ultravioleta depende de los factores que determinan la intensidad en superficie tales como: Altura del sol, latitud, nubosidad, altitud, el ozono, la reflexión por el suelo o albedo, material particulado

constituido por partículas en suspensión (aerosoles) y gases traza (SO₂, NO₂) producto de la contaminación del aire (OMS, 2003).

La información científica demuestra que la exposición excesiva y/o acumulada de radiación ultravioleta de fuentes naturales y/o artificiales produce efectos dañinos a corto y largo plazo, principalmente en ojos y piel, que van desde quemaduras solares, queratitis actínica y alteraciones de la respuesta inmune hasta foto envejecimiento causado por cambios a nivel celular en cada uno de las capas de la piel, del tejido fibroso, cataratas a nivel ocular y tumores malignos de piel. Frente a esta última patología, en las últimas décadas, a nivel mundial ha aumentado el número de casos de cáncer de piel, siendo el más frecuente en la población. (Ministerio de Salud de Chile, 2011).

Las últimas estadísticas que maneja el Ministerio de Salud del Perú, elaboradas en 2011, indican que el cáncer de piel se presenta con más frecuencia en el sexo femenino (54,5 %), de entre 50 y 89 años (78,7 %); y la región que registra más casos es Lima, con 45,9 % de los casos; seguida de las regiones norteñas de La Libertad y Cajamarca, con 14 % y 5 %, respectivamente.

El Perú, es el país más afectado por la incidencia de la radiación UV más intensa, ya que, por su cercanía a la zona ecuatorial, donde la radiación ultravioleta cae en forma perpendicular sobre el territorio y a la vez la presencia de la cordillera de los Andes a lo largo del sector occidental de sudamerica, hacen que nuestro territorio soporte altos índices de radiación, debido a la altura. (Mackenzie, 2006)

En el territorio peruano, según los reportes por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI) desde el año 2007 se viene recibiendo niveles de Radiación Ultravioleta cuyo índice supera el nivel extremadamente alto (11+) y es uno de los más altos a nivel mundial.

La región Tacna, debido a que dos terceras partes de su territorio corresponden a las zonas áridas y semiáridas y la tercera parte se encuentra situada en la zona alto andina, su configuración geográfica y la complejidad de la variabilidad climática soportan diferentes niveles de radiación ultravioleta, por lo que es prioritario conocer el comportamiento de la radiación UV-B.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Problema general

¿La cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B sobre la ciudad de Tacna, para el periodo 2012 – 2014 permitirá establecer medidas preventivas para el cuidado de la salud poblacional?

1.1.2 Problema específico

- a. ¿Cuál es el comportamiento anual del índice de la radiación ultravioleta B incidente sobre la ciudad de Tacna?
- b. ¿Cuáles son los niveles de riesgo de la radiación ultravioleta B incidente en la ciudad de Tacna?

1.2 Justificación de la investigación

La Organización Mundial de la Salud refiere que las radiaciones UV ejercen un efecto negativo para la salud, principalmente como: tipos de cáncer de piel, envejecimiento prematuro de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares, conjuntamente con la OMM y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (CNIRP) y otras organizaciones asociadas han elaborado y promovido un patrón o medida internacional llamada Índice de radiación ultravioleta solar mundial IUV (OMS, 2003).

Es especialmente importante proteger a los grupos de población más vulnerables de la exposición a la radiación ultravioleta que es el factor de riesgo principal debido al cáncer de piel que ocupa el cuarto lugar en el mundo, 18 millones de personas han quedado ciegos a causa de catarata atribuibles directamente a la exposición de la radiación ultravioleta, según la (OMS, 2009).

Se debe promover la realización de estudios de monitoreo del índice de radiación ultravioleta en la región de Tacna mediante la adquisición de equipos adecuados y con metodologías para cuantificar los índices de RUV para informar sobre el mayor riesgo de exposición prolongada a la radiación solar y su daño directo.

Al no existir trabajos de investigación sobre la cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta - B en la ciudad de Tacna, se hace necesario realizar la presente investigación que permitirá informar adecuadamente sobre la incidencia de los niveles de radiación UV-B, con la finalidad de mitigar los efectos adversos de la radiación ultravioleta y proteger la salud de la población, recomendando se establezca medidas de prevención, programas de vigilancia, tareas de control y acciones de gestión ambiental en concordancia con las leyes, normas, ordenanzas y otros instrumentos de gestión ambiental.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Cuantificar y caracterizar la radiación ultravioleta B en la ciudad de Tacna para el periodo 2012-2014 con fines de contar con indicadores de la medida del Índice de Radiación Ultravioleta.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el índice de radiación ultravioleta B incidente en la ciudad de Tacna.
2. Determinar el nivel de riesgo radiación ultravioleta B incidente en la ciudad de Tacna.

1.4 Hipótesis

La cuantificación y la caracterización de la radiación ultravioleta B para el periodo 2012 – 2014 sobre la ciudad de Tacna permitirá conocer su índice y nivel de riesgo sobre la población.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La radiación Ultravioleta fue descubierta por Ritter en 1801, investigando la descomposición del cloruro de plata por la luz, tuvo la idea de explorar la franja oscura cercana al violeta y descubrió que el efecto fotoquímico buscado se producía incluso con más intensidad.

La OMS, 2018. Semana de Mundial de la Inmunización. Manifiesta que: Las radiaciones ultravioleta (UV) son radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda entre 100 y 400 nm. En cantidades pequeñas, las radiaciones ultravioletas son beneficiosas para la salud y desempeñan una función esencial en la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición excesiva a ellas se relaciona con diferentes tipos de cáncer cutáneo, quemaduras de sol, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares. También se ha comprobado que estas radiaciones aminoran la eficacia del sistema inmunitario.

La OMS, 2006, en un estudio denominado La carga mundial de morbilidad atribuible a la radiación ultravioleta solar (RUV), cuyo objetivo consistió en determinar la contribución de la RUV solar a la mortalidad y la morbilidad humanas, y concluye: A nivel mundial, la exposición excesiva a la RUV solar causó en el año 2000 la pérdida de aproximadamente 1,5 millones de AVAD (el 0,1 % de la carga de morbilidad mundial total). La mayor carga de morbilidad causada por la RUV se debe a las cataratas corticales, los melanomas cutáneos malignos y las quemaduras solares, aunque las estimaciones de estas últimas son muy inciertas debido a los escasos datos disponibles. Por último, cabe señalar que una exposición nula a la RUV no tendría como consecuencia una carga de morbilidad mínima, sino una elevada carga de morbilidad debida a las enfermedades relacionadas con la carencia de vitamina D.

EPA, 2001. Indica, aunque la exposición moderada al sol puede ser agradable, el exceso de sol puede ser peligroso y causar efectos inmediatos, como quemaduras, y problemas de largo plazo como cáncer de piel y cataratas. La sobreexposición al sol también causa arrugas y envejecimiento de la piel. Los científicos creen que la radiación ultravioleta puede incluso llegar a debilitar el sistema inmunitario en los seres humanos.

EPA, 2001 indica que el melanoma es la forma más grave de cáncer de piel y también el tipo de cáncer que más se está extendiendo en los Estados Unidos. Muchos científicos creen que puede haber una relación entre las quemaduras en la infancia y los melanomas malignos en la edad adulta. Los casos de melanoma en los Estados Unidos se han más que duplicado en las dos últimas décadas. Según la Sociedad Americana del Cáncer, cada año se registran 44 200 nuevos casos de melanoma y 7 300 muertes por dicha enfermedad.

OMM, 2008. Desde principios de los años 70 se viene observando un incremento importante de casos de cáncer de piel, sobre todo en aquellos lugares con mayoría de población de piel clara. La Organización Mundial de la Salud (OMS) utiliza el término de "epidemia" para calificar el significativo incremento del número de nuevos casos de cáncer cutáneo en los últimos años, una de las primeras causas de mortalidad en el ámbito mundial. Basta decir, que en los últimos diez años el cáncer de piel creció 8,3 %, principalmente, por la exposición indiscriminada al sol. Hoy la radiación ultravioleta asoma como una amenaza real a la salud.

Según estudio de la Dirección de Meteorología de Chile (2008), Comportamiento de la radiación ultravioleta (UV-B) en Chile, indica la radiación ultravioleta que llega a la superficie diariamente, posee una

distribución normal, con valores máximos en las horas centrales del día, correspondiente a los mayores ángulos cenitales solares, es decir, cuando los rayos solares se reciben con mayor perpendicularidad; según la estación de Iquique, así se tiene que, durante el verano se registra índices altos, durante el mediodía, con niveles de riesgo Alto, Muy alto y Extremos; y durante el invierno índices bajos con nivel de riesgo moderado.

En México, Quiñonez (2012) mediante el modelo preliminar de la irradiación, realizó el trabajo de investigación denominado: Cambio modelo preliminar de la irradiación UV, en la cual concluye los valores máximos de radiación ultravioleta ocurrieron en la estación veraniega, principalmente en el mes de agosto; de acuerdo a los datos analizados, este valor máximo se atribuye que aunque haya habido presencia de nubosidad, los cielos fueron del tipo 3 en donde existe una fracción mayor de la componente directa de la radiación global respecto de la radiación difusa; lo que ocasiona que la radiación ultravioleta alcance valores más altos, que si hubiera un cielo totalmente despejado. Esto es debido a que ocurre un efecto espejo que aumenta la reflexión de la radiación UV, por tanto, la cantidad de radiación UV recibida en la superficie terrestre será mayor.

Estudio realizado en Arica sobre Índice de radiación ultravioleta periodo 2006-2015 (Rojas E., Rivas M. 2017); concluye que las mediciones

o registro de índice de radiación ultravioleta durante la estación del verano alcanzan máximas medias mensuales de 10 a 12 caracterizado como riesgo Extremadamente Alta y Muy Alto (frecuencias de 84 y 16 % respectivamente); en la estación de primavera se registraron índices máximas medias mensuales de 8 a 11 caracterizado como riesgo Extremadamente Alta y Muy Alto (frecuencias de 63 y 34 % respectivamente); de igual forma en la estación de otoño se registraron índices máximas medias mensuales de 5 a 9 caracterizado como riesgo Moderado, Alto y Muy Alto (frecuencias de 5,9 %, 57,4 % y 34,2 % respectivamente), y finalmente durante la estación de invierno se registraron índices máximas medias mensuales de 5 a 10 caracterizado como riesgo Moderado, Alto y Muy Alto (frecuencias de 22,5 %, 22 % y 25 % respectivamente).

Un estudio reciente de la Universidad Continental (2013), indicó que en el Perú se registra la radiación solar más alta de todo el planeta y que el punto más expuesto se ubica en la región andina debido a su altura de más de 3 000 msnm. Luis Salas Suárez, responsable de la investigación, señaló que el pico de radiación de UV llega hasta 25 puntos durante el mediodía, cuando el sol se encuentra en su máximo apogeo, lo que significa un incremento en el riesgo de cáncer a la piel.

En Moquegua, la Dirección Regional de Salud (2009) realizó un estudio sobre evaluación de la radiación ultravioleta en la región Moquegua año 2009, y concluye que de acuerdo a los datos obtenidos en la Región desde el 10 de julio del presente se puede observar que el inicio de la estación de la primavera trae como consecuencia un aumento en los niveles de radiación ultravioleta el cual tiene un gran impacto sobre el ecosistema terrestre más aún a la salud de las personas; asimismo, concluye que la radiación ha tenido un incremento desde julio hasta noviembre, esto debido a las condiciones atmosféricas propio de la estación (primavera), observándose que los promedios horarios de RUV durante los meses de julio a diciembre para las 13:00 h, índices que superan valores de +11, con niveles de riesgo extremadamente alta y 14:00 h, índices de radiación muy alta (10 UV). Igualmente se observa una incidencia mínima de exposición de 4UV (Moderada) en el horario de las 13:00 horas mientras que a las 14:00 horas presenta una incidencia mínima de exposición de 3UV (Moderada).

Según estudio en Piura de SENAMHI (2015). Radiación Ultravioleta. Análisis de su Comportamiento Estacional en Diferentes Sectores de la Región Piura. Costa Norte del Perú; concluye que existe una influencia horaria en el comportamiento del índice de radiación ultravioleta siendo las

horas donde se debe tener un mayor cuidado y protección en la piel entre las 11:00 h a 14:30 h del período observado, febrero es el mes que registra los mayores índices de radiación ultravioleta en costa y sierra. Se corrobora la influencia directa de la altitud sobre los niveles de radiación ultravioleta. Por ello al considerar que en el mes de febrero se desarrollan diversas actividades al aire libre dada la temporada de verano, es recomendable que estas se realicen a tempranas horas de la mañana o después de las cinco de la tarde. Una adecuada campaña educativa es la mejor herramienta para disfrutar inteligentemente de los beneficios del sol. La estacionalidad es un factor determinante en el comportamiento del IUV durante el tiempo observado en el que se identifica a los meses entre junio y julio como los de menor registro descartándose durante este tiempo días con niveles extremos de radiación ultravioleta.

Según estudio en Huancayo, de Suarez L. (2012). Modelamiento y pronóstico del índice ultravioleta solar en Huancayo, donde las mediciones efectuadas con el radiómetro espectral permitieron cuantificar adecuadamente la RUV eritémica en Huancayo, en términos del IUV, donde cabe resaltar que se registraron valores máximos de 18 en días despejados y con picos de más de 20 unidades, esto debido a la capacidad de dispersión, reflexión y refracción de las nubes acorde con lo reportado por McKenzie reportado por Ccora (2011) para una evaluación con énfasis

en la región tropical. Esta alta RUV que recibe Huancayo se debe principalmente a la reducida concentración de la capa de ozono y por su ubicación por sobre los 3 000 msnm de altura incrementaría la RUV en 7 % y 2 % por cada 1 000 m.

El SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales (DGIA) desde el año 2004, viene monitoreando el comportamiento temporal de la radiación ultravioleta con la información proveniente de su red de 9 estaciones radiométricas a nivel nacional y ha reportado que en el territorio peruano se vienen recibiendo niveles de radiación ultravioleta cuyo índice supera el nivel extremo (11) especialmente en el verano, lo cual se corrobora con los estudios realizados y reportados por Mackenzie (2006), quien elaboró un mapa mundial sobre la intensidad de la radiación ultravioleta y su variación en todo el planeta, este mapa se puede observar en qué lugar de la Tierra es la RUV más intensa. Ver figura 1.

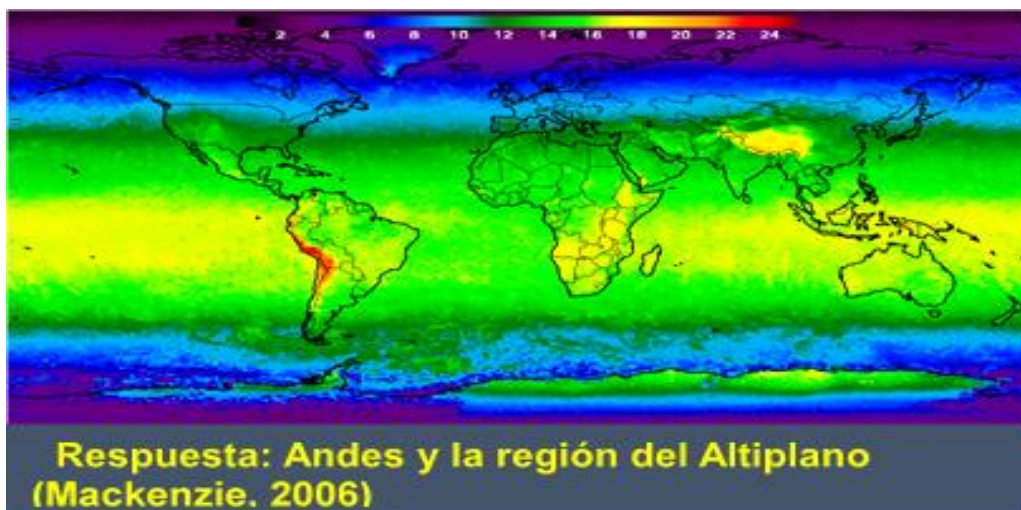


Figura 1. Radiación ultravioleta a nivel mundial
Fuente: Mackenzie, (2006).

La Dirección Regional SENAMHI Tacna y Moquegua, consciente de la problemática sobre la incidencia de la radiación ultravioleta, inicia el monitoreo de la radiación ultravioleta-B desde el año 2011, con la instalación de dos equipos Radiométricos o Biómetros que miden la RUV en los departamentos de Tacna y Moquegua, los cuales permiten la realización de una mejor vigilancia en ambas regiones y con la información generada viene elaborando boletines y pronósticos de radiación ultravioleta, los cuales son difundidos a la población con la finalidad de adoptar medidas de protección que sirvan para minimizar los efectos dañinos de la radiación ultravioleta y promover en ellos una adecuada exposición al sol. (www.senamhi.gob.pe).

2.2 Marco normativo

2.2.1 Comunidad económica europea

La directiva marco sobre salud y seguridad en el trabajo (Directiva 89/391 CEE) adoptada en 1989 (EU-OSHA), presenta requisitos mínimos en materia de salud y seguridad en toda Europa y, al mismo tiempo, permite a los Estados miembros mantener esos mínimos o establecer medidas más restrictivas. Esta directiva obliga a los empresarios a adoptar las medidas preventivas adecuadas para garantizar una mayor seguridad y salud en todo aspecto relacionado con el trabajo. La Unión Europea permite que cada estado miembro elabore normas sobre evaluación de riesgos y respuesta al impacto de las radiaciones naturales del sol sobre la visión y la piel (Parlamento Europeo, 2006).

2.2.2 Estados Unidos

La ley de seguridad y salud ocupacional de 1970 exige que los empleadores sean responsables de proveer a sus empleados lugares de trabajos seguros y saludables, en esta misma ley se crea la Administración de seguridad y salud ocupacional OSHA para poder establecer estándares de seguridad y salud en el trabajo. La OSHA es una división del

departamento de labor de los estados unidos que supervisa la aplicación de la ley y hace cumplir los estándares que elabora, (Febres, 2015).

2.2.3 Chile

En el Decreto N°594-1999, sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo se consideran expuestos a radiación UV aquellos trabajadores que ejecutan labores sometidos a radiación solar directa entre las 10:00 h y las 17:00 h y aquellos que desempeñan funciones habituales bajo radiación UV solar directa con un índice UV igual o superior a 6, en cualquier época del año. El índice UV proyectado máximo diario debe ser corregido según las variables latitud, nubosidad, altitud y elementos reflectantes o absorbentes, según información proporcionada por la Dirección Meteorológica de Chile, la cual publica diariamente el IUV.

La norma exige que los empleadores de trabajadores expuestos deben realizar la gestión del riesgo de radiación UV adoptando medidas de control adecuadas, como brindar capacitación a los trabajadores sobre los riesgos por la exposición a la radiación solar ultravioleta y las medidas de control; publicar diariamente el IUV señalado por la Dirección Meteorológica de Chile; identificar los puestos de trabajo y los trabajadores expuestos que requieran medidas de protección adicional; programación

de horarios de descanso y almuerzo entre las 13:00 h y las 15:00 h en lugares con sombra, entrega de equipos de protección personal como: gorros, lentes, bloqueadores solares, ropa que cubra las partes expuestas del cuerpo. (Ministerio de Salud, 1999).

2.2.4 Perú

La ley 29783 Ley de seguridad y salud en el trabajo promulgada en el 2011 y su posterior reglamento D.S. N°005-2012-TR exige a los empleadores identificar, evaluar y controlar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores durante su labor. El artículo 56 de la ley 29783 enfatiza la prevención de la exposición a agentes físicos (incluye radiación ultravioleta) para que no generen daño a la salud de los trabajadores.

En octubre de 2013 se promulgó una ley específica para la prevención contra la exposición a la radiación solar, la ley N°30102 Medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar, la cual exige a los titulares de las instituciones y entidades públicas y privadas cumplir las siguientes obligaciones: informar y sensibilizar al personal bajo su cargo acerca de los riesgos por la exposición prolongada a la radiación solar y las medidas de prevención; Programar que las actividades se realicen preferentemente entre las 8:00 h y las 10:00 h a partir de las 16:00 h;

proveer elementos de protección idóneos cuando la exposición a la radiación solar sea inevitable; colocar señalización que diga la exposición prolongada a la radiación solar produce daño a la salud; promover acciones de arborización que permitan la generación de sombra en su jurisdicción. Esta ley también establece que el SENAMHI sea el encargado de publicar diariamente los niveles de radiación ultravioleta, así como sus efectos nocivos para la salud.

En el año 2011 el Gobierno Regional de Moquegua mediante Ordenanza Regional N°019-2011- CR/GRM MOQUEGUA en su artículo primero aprueba las medidas de protección para reducir la elevada exposición a la radiación ultravioleta, en las instituciones educativas públicas y privadas del ámbito de la región Moquegua, en el sector laboral y población en general del ámbito de la región Moquegua.

El año 2014 el Gobierno Regional de Tacna mediante Ordenanza regional N°018-2014 CR/GOB.REG. TACNA, en su Art. primero: Declara de interés y necesidad regional el establecimiento de medidas de prevención contra la exposición de los rayos ultravioleta en la región Tacna, con el fin de establecer medidas de prevención en las instituciones educativas públicas y privadas, así como de las entidades públicas y privadas de todo el departamento de Tacna.

2.3 Radiación solar y radiación ultravioleta

2.3.1 El Sol

El sol es la estrella más cercana a la Tierra y el mayor elemento del sistema solar, las estrellas son los únicos cuerpos del universo que emiten luz, es también nuestra principal fuente de energía, que se manifiesta, sobre todo, en forma de luz y calor. El Sol contiene más del 99 % de toda la materia del sistema solar, ejerce una fuerte atracción gravitatoria sobre los planetas. (Polo, 2013).

El Sol es una gran esfera de gases incandescentes, pero se cree que su porción central o núcleo se encuentra en estado líquido. La superficie aparente del Sol es denominada fotosfera (esfera de luz). Alrededor de la fotosfera se extiende una capa de vapores incandescentes, de colores vivos, por lo cual se llama cromosfera (esfera del color). En torno a la fotosfera y a la cromosfera se encuentra la corona, que es un gigantesco halo de gases que envuelve al Sol; la corona sólo es visible durante los eclipses. En la fotosfera se observan porciones más brillantes denominadas fáculas y otras oscuras, a las que se les da el nombre de manchas. En el Sol se observan también enormes prominencias luminosas, formadas por gases de hidrógeno y helio, que parten de la fotosfera como enormes

lenguas de fuego hasta alcanzar más allá de la cromosfera. (Villalba J., 1990).

El Sol de diámetro $DT = 2 \times 10^8$ m, equivalente a 110 veces el diámetro de la tierra con una masa de 2×10^{30} kg (330 000 veces la masa de la tierra) se encuentra a una distancia de la tierra de 150×10^6 km bajo un ángulo subtendido de 32 minutos, la energía que emite cada segundo al espacio es de 4×10^{26} kW, su densidad promedio es de $1,4 \times 10^3$ kg/m³, su temperatura superficial es de 5 512 °C, su constante de gravitación es del orden de 28 veces mayor que el de la Tierra, la presión interna es de aproximadamente 7×10^6 kPa, la potencia lumínica que emite, llamada intensidad solar, irradiancia solar o radiación solar que llega fuera de la superficie terrestre por metro cuadrado es en promedio 1 364 W/m², llamada Constante Solar, esto es consecuencia de que la tierra gira en torno al Sol durante el año bajo una trayectoria elíptica (Chasseriaux, 1990; Duffie, 1991).

El Sol, la estrella más cercana a la tierra, en el otoño de 2003 desencadenó una erupción de energía equivalente a 1000 millones de bombas de hidrógeno con una oleada de partículas cargadas y recalentadas a velocidades de hasta casi 10 millones de kilómetros por hora. Esta tormenta solar es la más grande registrada en la Tierra, fue

clasificada por su severidad en categoría x 45. Un año más tarde se tendría el terremoto en Sumatra y el tsunami que afectó a 9 países y donde murieron 250 000 personas. (Bastiand, 2012).

2.3.2 Características de la radiación solar

La energía solar se caracteriza por ser limpia, renovable y gratuita de modo que mientras exista el sol, existirá este tipo de energía. Por otro lado, el Perú y especialmente la región sur, cuenta con un alto potencial del recurso energético solar, el cual la convierte en una zona altamente potencial de energía.

La radiación solar es una de las variables más importantes, por ser la fuente de energía utilizada en la gran mayoría de los procesos de nuestro planeta. Su medición es escasa debido a los altos costos del instrumental de precisión requerida, así como su mantenimiento, por lo que la red de medición en el Perú, como en muchos otros países, es limitada. De otro lado, la gran variabilidad topográfica y climática del territorio peruano obliga a tener que considerar redes más densas y bien distribuidas a nivel nacional para una evaluación más precisa y detallada de este recurso, según el SENAMHI, DEP-MEM Atlas Solar del Perú (2003). Ver figura 2.

Este recurso se denomina irradiancia solar y se cuantifica en kilowatts-hora incidente sobre una superficie horizontal de un m² diario, constituyendo el potencial energético solar (Polo B, 2010)

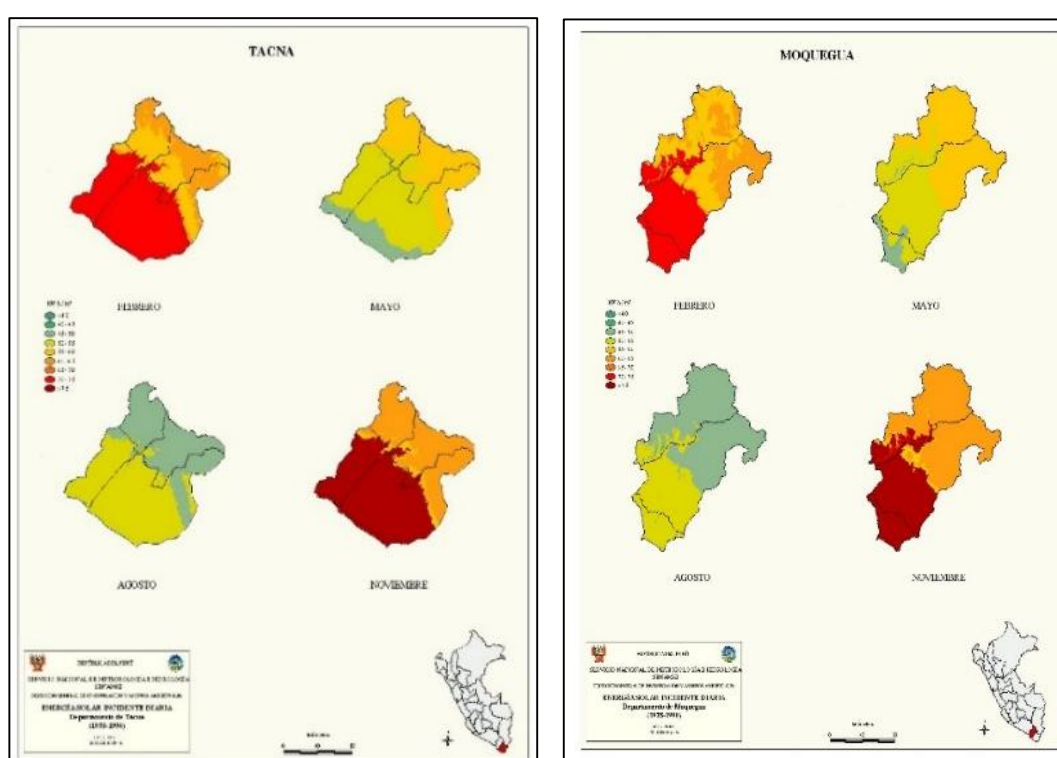


Figura 2. Mapa Nacional de Energía solar en Tacna y Moquegua
Fuente: SENAMHI, DEP-MEM Atlas Solar del Perú (2003).

El potencial energético solar global de la región Tacna, cuantificado sobre una superficie horizontal en valor promedio anual es de (6,04 más menos 0,36) kWh/m² día, superior en 13,465 al promedio mundial , la provincia con mayor potencial energético solar es Candarave, y el distrito con menor recurso solar es Ite, estos valores nos indican que la región

Tacna posee un recurso energético solar muy bueno que puede convertirla en autónoma y segura energéticamente, diversificando su matriz energética (Polo B, 2013)

Variación del espectro luminoso

Las variaciones de intensidad y color de la luz solar durante la salida y puesta de sol se deben al incremento de la distancia, absorción, reflexión y dispersión de la luz solar cambiando el rango de frecuencias que integran el espectro luminoso, así como su intensidad. Chasseriaux (1990) y (Polo, 2013). Ver Figura 3.

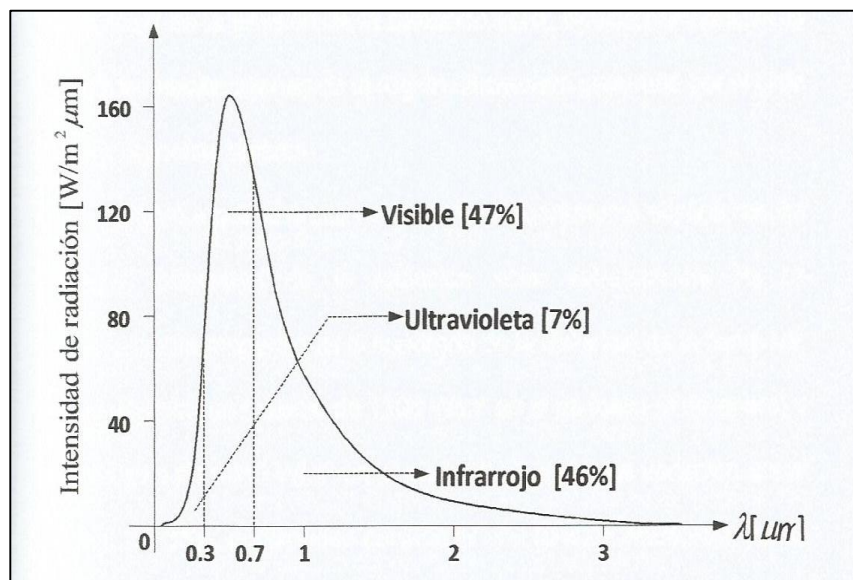


Figura 3. Espectro de la energía solar incidente sobre la superficie.
Fuente: Chasseriaux, 1990.

Para cuantificar o determinar el potencial energético solar de un determinado lugar, se debe de contar con datos diarios, mensuales, anuales de horas de sol (heliofanía) obtenidas mediante heliógrafos, o de irradiancia solar global, difusa y directa sobre superficie horizontal o inclinada. En el caso de disponer horas de sol, es necesario el uso de modelos matemáticos validados universalmente, datos meteorológicos y geográficos del lugar elegido.

2.3.3 El Sol como fuente de la Radiación Ultravioleta

Estamos expuestos a la radiación ultravioleta (UV) proveniente del sol, viaja por el espacio como onda electromagnética y llega a la Tierra en diferentes longitudes de onda.

El Sol emite radiaciones en todas las regiones del conjunto o espectro de ondas electromagnéticas (ICNIRP, 2007), se puede observar todas las radiaciones que el Sol emite, desde las ondas de radio hasta los rayos gamma, pero solo las radiaciones ópticas (conformadas por las radiaciones ultravioleta, visible e infrarroja) son filtradas por la atmósfera. Las radiaciones infrarroja y visible comprenden el 95 % de la radiación solar que alcanza la superficie de la tierra, si bien la radiación ultravioleta representa solo el 5 % ella es la mayor responsable de los efectos adversos

a la salud, según su longitud de onda cuya unidad de medida es el nanómetro (1 nanómetro (nm) igual a 1×10^{-9}). Ver figura 4.

La medición de las radiaciones ópticas es definida como radiometría, para medir la cantidad de energía que una fuente de radiación óptica se utiliza la potencia radiante expresada en vatios (W). Para cuantificar la exposición de los humanos a la radiación ultravioleta se utilizan dos magnitudes: La irradiancia y la exposición radiante. La irradiancia mide la cantidad de energía en vatios por superficie expuesta en metros cuadrados (W/m^2) y la exposición radiante es la cantidad de energía radiante por unidad de área que es acumulada en un intervalo de tiempo expresada en Joule por metro cuadrado (J/m^2), nombrado por (Febres, 2015).

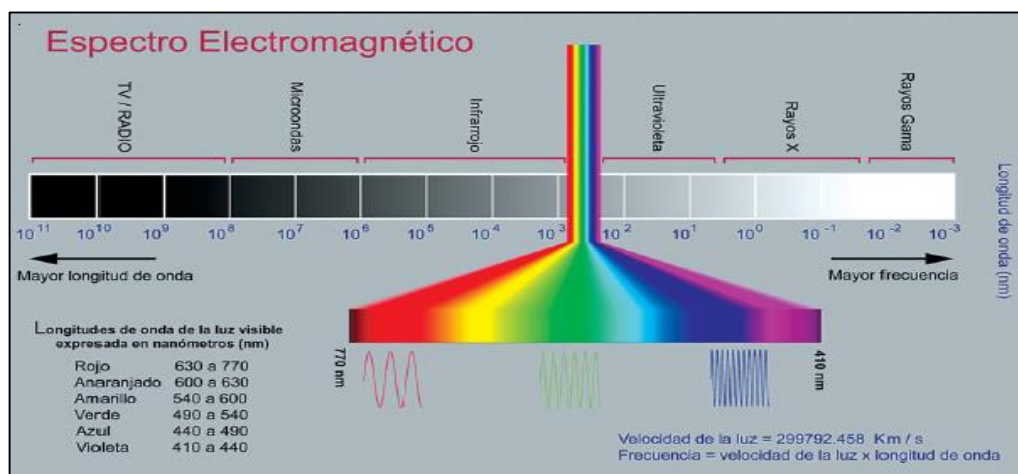


Figura 4. El espectro electromagnético de las radiaciones emitidas por el Sol.

Fuente: ICNIRP, 2007.

2.4 Radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta (UV) es una radiación en el espectro electromagnético en el rango de longitudes de onda entre 100 nm y 400 nm, correspondiente a una energía (la energía es inversamente proporcional a la longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético, por esta razón la banda UVB es más energética que la banda UVA) de aproximadamente doce (12) eV (electrón voltio). De este rango del espectro solar el ozono atmosférico absorbe completamente toda la radiación entre los 100 y 280 nm, mientras que para el rango entre los 280 y 315, la atmósfera absorbe caso el 90 % de esta radiación denominada UVB. Dado que la cantidad de radiación UVB que llega a la superficie terrestre está fuertemente relacionada con la capa de ozono, una reducción en esta capa implicaría un aumento de la misma. (OMM, 1994).

2.4.1 La Capa de Ozono y la Radiación Ultravioleta B

El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno (O_3) que se produce naturalmente en la estratosfera, se encuentra a altitudes de (10-50) km (NASA, 2013), protege a personas, animales y plantas contra la mayoría de los rayos nocivos del sol al absorber la mayor cantidad de las radiaciones solares ultravioleta. El ozono estratosférico filtra toda la

radiación UV-C, la mayor parte de la radiación UV-B y la mitad de la radiación UV-A. Al ser destruido por los compuestos naturales que contienen nitrógeno, hidrógeno y cloro, actúa como un potente filtro solar natural, que absorbe la luz ultravioleta evitando el paso de una pequeña parte de la radiación ultravioleta UV-B que se extiende desde los 280 hasta los 315 nanómetros (nm). (OMM, 1994). Ver figura 5.



Figura 5: La Capa de Ozono se localiza en la Estratósfera
Fuente: Commission for environmental cooperation, 2013

En 1986, la investigadora estadounidense Susan Solomon mostró que el ozono estaba siendo destruido por la presencia de moléculas que contienen cloro, flúor y bromo que vienen del clorofluorocarbono (CFC). La razón por la que la capa de ozono es más fina sobre la Antártida es por el frío extremo y las grandes cantidades de luz, esto ayudó a producir lo que se denominan nubes estratosféricas polares, en estas nubes frías se

produce la reacción química del cloro que destruye el ozono. (Matt McGrath, 2016).

Hoy se ha demostrado que la aparición del agujero de ozono, a comienzos de la primavera austral, sobre la Antártida está relacionado con la fotoquímica de los clorofluorocarbonos (CFCs), componentes químicos como el freón, aerosoles, pinturas, etc. (Ozzy Ozone–Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente 1987). En la Figura 6 se muestra cómo con el uso de los registros diarios de la concentración total de ozono se puede delimitar con una línea blanca el área de la Tierra con valores de 220 unidades Dobson.

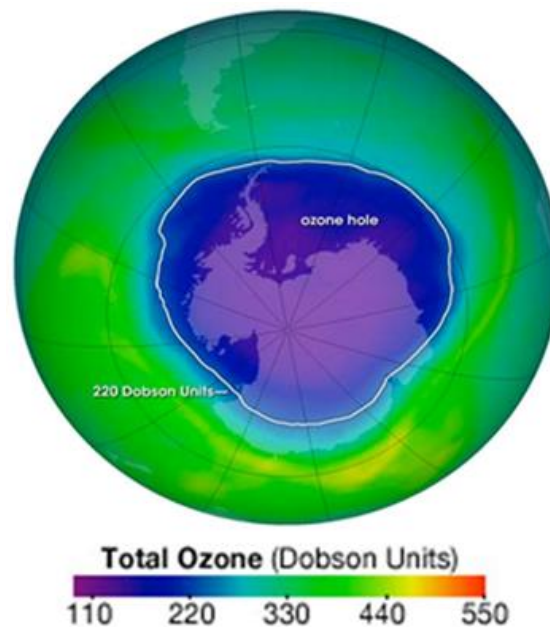


Figura 6: Agujero de la capa de ozono, 04 de octubre 2004
Fuente: NASA, 2013

2.4.2 Factores ambientales que determinan la intensidad de la radiación solar ultravioleta en superficie

Las variaciones espaciales y temporales de la irradiancia de la radiación UV en la superficie de la tierra dependen de factores como: la elevación solar, la latitud, la altitud, la capa de ozono y las condiciones atmosféricas locales. (OMM, 2003). Ver figura 7.

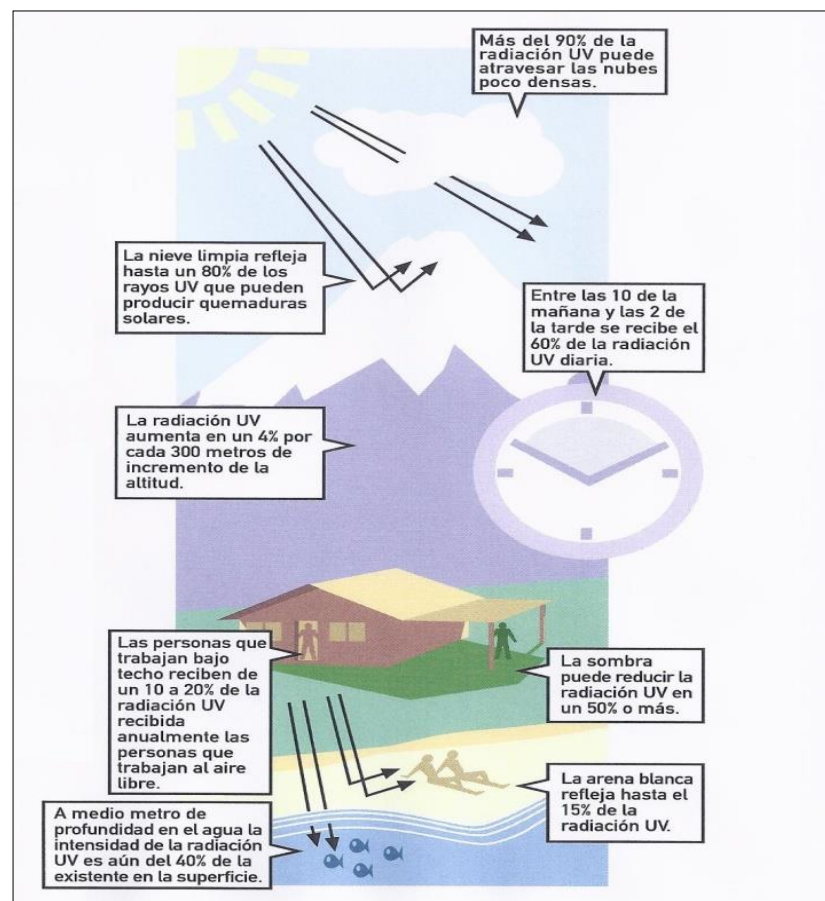


Figura 7. Factores ambientales que determinan la intensidad de la radiación solar ultravioleta en superficie.

Fuente: (Guía práctica Índice UV solar-OMS.2003).

a) La altura del sol o la posición del sol en el cielo

Cuanto más alto esté el sol en el cielo, más intensa es la radiación UV. La intensidad de la radiación UV solar, y especialmente la radiación UVB, depende de la posición del sol en el cielo (World Health Organization, 1995). Esto variará dependiendo de la estación del año, hora del día y la latitud en la que uno se encuentre. Las mayores intensidades de la radiación UV se producen cuando el sol alcanza su máxima altura, alrededor del mediodía solar durante los meses de verano. El ángulo de incidencia de la luz solar varía según las estaciones, con lo cual varía también la intensidad de la radiación ultravioleta. (EPA, 2001).

b) La latitud

En los trópicos y las zonas cercanas a la línea ecuatorial, la radiación solar UV solar es más intensa (World Health Organization, 1995), ya que la distancia recorrida por los rayos ultravioleta dentro de la atmósfera para alcanzar la superficie de la tierra es más corta. A medida que la latitud aumenta y en especial en las latitudes medias y altas, donde el rayo ultravioleta recorre una distancia mayor. (Febres, 2015) Ver figura 8.

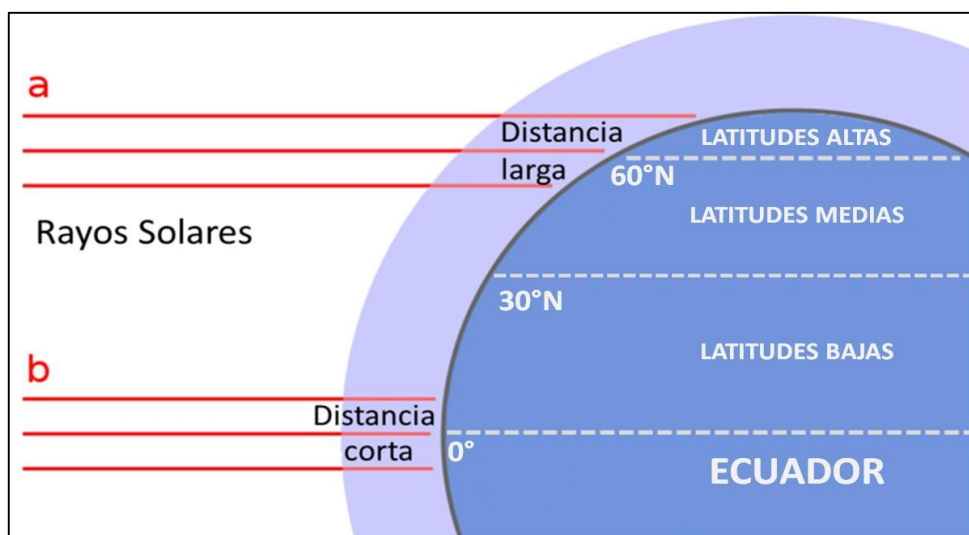


Figura 8. Incidencia de la radiación según latitudes: altas, medias y bajas
Fuente: New York metro weather, 2014

El Sol está en su punto más alto en el cielo alrededor del mediodía, a esa hora la distancia que recorren los rayos solares dentro de la atmósfera es más corta y los niveles de UVB son los más altos. (EPA, 2001).

c) La nubosidad

La intensidad de la radiación UV es máxima cuando no hay nubes, pero puede ser alta incluso con nubes. La dispersión puede producir el mismo efecto que la reflexión por diferentes superficies, aumentando la intensidad total de la radiación UV. Más del 90 % de la radiación UV puede atravesar las nubes poco densas. (OMS, 2003).

La nubosidad tiene más influencia sobre la irradiación UV que cualquier otra variable atmosférica. Los efectos de la nubosidad son difíciles de determinar, debido a la complejidad geométrica y a la importancia de los modelos tridimensionales que se utilizan. Bajo condiciones estándares, las nubes disminuyen la radiación UV, sin embargo, en ciertos casos éstas pueden aumentar la radiación hasta un 25 %, cuando el cielo no está totalmente cerrado y las nubes densas pueden reducir solo 10 % de la intensidad de un día con cielo despejado, solo nubes densas de tormenta pueden virtualmente eliminar la radiación UV inclusive en verano.

Las nubes redistribuyen y en general reducen la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra, aunque no en la misma medida que lo hace para la radiación infrarroja. El vapor de agua en las nubes absorbe la radiación solar infrarroja mucho más que la ultravioleta, por lo tanto, el riesgo de la sobreexposición puede incrementarse debido a que la sensación de calor disminuye. (ICNIRP, 2007).

d) La altitud

La intensidad de la radiación ultravioleta aumenta con la altitud, ya que hay menos atmosfera para absorber rayos del sol. A mayor

altitud la atmósfera es más delgada y absorbe una menor proporción de radiación UV. Con cada 1000 metros de incremento de la altitud, la intensidad de la radiación UV aumenta en un 10 a 12 %. La radiación UV aumenta en un 4 % por cada 300 metros de incremento de la altitud. (OMS.2003).

Medidas realizadas en Bolivia, entre La Paz (3420 msnm) y Chacaltaya (5300 msnm) muestran un incremento de 7 % por km para UV-B eritémica (Zaratti, 2003). Los niveles de radiación UV están muy influenciados por la altura sobre el nivel del mar debido a la disminución de la capa de aire que queda por encima, a igualdad de condiciones meteorológicas, los lugares elevados reciben mucha más radiación que a nivel del mar (IMN, 2009), (Febres, 2015).

e) Hora del día

El Sol está en un punto más alto en el cielo alrededor del mediodía, a esa hora, la distancia que recorren los rayos solares dentro de la atmósfera es más corta y los niveles de UV-B son los más altos, dado que el Sol a esa hora se encuentra cercano al cenit, es decir, la radiación solar cae sobre la superficie terrestre en forma perpendicular. Temprano en la mañana y al final de la tarde, los rayos solares

atraviesan la atmosfera en forma oblicua, lo cual reduce en gran medida la intensidad de los rayos UV-B. (Febres, 2015).

f) Época del año

El ángulo de incidencia de la luz solar varía según las estaciones, asimismo, la intensidad de los rayos ultravioleta es más alta durante la estación de verano.

g) Albedo

El albedo es la propiedad reflejante de una superficie. Es experiencia común que la nieve refleja mucho más la radiación (visible y UV-B) que la hierba. A mayor albedo mayor será la intensidad de la UV-B que recibe el cuerpo humano lo que explica por qué es fácil broncearse y quemarse en la nieve en días soleados. Un factor importante para la determinación del efecto del albedo sobre la intensidad de la UV es la geografía y composición del suelo a varios kilómetros a la redonda, hecho que vuelve compleja la tarea de determinar el albedo con carácter general. (Zaratti, 2003).

Diferentes tipos de superficies reflejan o dispersan la radiación UV en diversa medida, la nieve fresca refleja alrededor de un 80 % de

los rayos UV, la arena seca de la playa refleja alrededor de entre un 10 y 25 % la radiación UV, la espuma del agua del mar alrededor de un 25 %, lo que conlleva a que aumente significativamente la UV en la playa. A medio metro de profundidad en el agua la intensidad de la radiación UV es aún del 40 % de la existente en la superficie. La sombra puede reducir la radiación UV un 50 % o más. (OMS, 2003)

h). El ozono

El ozono absorbe parte de la radiación UV que podría alcanzar la superficie terrestre. La concentración de ozono varía a lo largo del año e incluso del día. El SENAMHI, cuenta con una estación de vigilancia atmosférica global (VAG), ubicada en la sierra central del Perú (Junín - Marcapomacocha) considerada la más alta del mundo a 4 470 m, cuenta con el espectrómetro Dobson el cual mide la cantidad de ozono total en la atmósfera. Los niveles máximos y mínimos de ozono registrados en la estación Marcapomacocha fueron inferiores al promedio entre los años 1964-1992, pero en ningún momento fueron menores a los 220 UD que es el valor límite para determinar si una región presenta el agujero en la capa de ozono. (Plasencia, *et al*, 2014)

i). Dispersión atmosférica

En la superficie terrestre la radiación solar está compuesta por una componente directa y una componente difusa (dispersa). La radiación solar es dispersada por moléculas de aire y partículas como aerosoles y gotas de agua. Cerca al mediodía en un cielo despejado sin nubes, aproximadamente 25 % de la radiación solar que llega del espacio es dispersada y absorbida a medida que atraviesa la atmósfera. (Febres, 2015).

2.4.3 Tipos de Radiación Ultravioleta

De acuerdo al 2^{do} Congreso internacional sobre luz celebrado en Copenhague en agosto de 1935, la radiación UV fue dividida de la siguiente manera: Radiación ultravioleta A en un rango de 315 a 400 nm, radiación UV-B en un rango de 280 a 315 nm y radiación UV-C en el rango de 100 a 280 nm, como se muestra en la Tabla 1. (OMS, 2003 y CIE; 2011).

Tabla 1

Clasificación de la radiación ultravioleta

Radiación UV	Rango de longitud de onda en nm	Características
UVA	315 - 400 nm	El extremo superior del rango corresponde al límite con la luz visible, es la que produce el bronceado. Este rango del espectro es muy poco absorbido por la atmósfera. Es causante del bronceado, dado que no tiene tanta energía, es menos peligrosa que el resto de UV. Esta radiación provoca el envejecimiento prematuro de la piel.
UVB	280 - 315 nm	Este rango del espectro el ozono atmosférico absorbe casi el 90% de esta radiación. Esta radiación provoca daños en los ojos y en la piel, eritemas solares (enrojecimientos de la piel). La sobreexposición puede provocar cáncer de la piel. Dado que la cantidad de radiación UVB que llega a la superficie está fuertemente relacionada con la capa de ozono, una reducción en esta capa implicará un aumento en la radiación que llega a la superficie terrestre.
UVC	100 - 280 nm	Este rango inferior de la banda (100 nm) corresponde al límite con los rayos X. En este rango del espectro el ozono atmosférico absorbe completamente toda la radiación UVC. La UVC (muy energética) se obtiene de fuentes artificiales, tales como lámparas germicidas (lámparas UVC9, usadas para matar bacterias y virus).

Fuente: OMM (2003) y CIE (2011).

2.4.3.1 Ultravioleta tipo A o Ultravioleta cercano

Esta longitud de onda tiene la característica de tener frontera con la luz visible y llegar hasta longitudes de onda que alcanzan la superficie de la tierra, comprende entre 320-400 nm. Es la menos nociva y llega en mayor cantidad a nuestra superficie, permite el bronceado de la piel. Casi todos

los rayos UV-A pasan a través de la capa de ozono, atraviesan la capa córnea, la epidermis y llegan hasta la dermis.

2.4.3.2 Ultravioleta tipo B o Ultravioleta medio

Entre la UV-A y UV-C está la UV-B, menos letal que la UV-C, pero peligrosa; la capa de ozono la absorbe en su mayor parte. Esta se encuentra en el límite de la onda corta que incide en la superficie terrestre y la porción de mayor absorción de oxígeno molecular. Puede ser muy nociva, sin embargo, el actual deterioro de la capa de ozono aumenta la amenaza de este tipo de radiación, atraviesa la piel en su capa externa o capa córnea, llegando hasta la epidermis, comprende entre 280 - 320 nm. El aumento de la radiación UV-B en la superficie terrestre estimula la radiactividad química entre los gases propios de la contaminación industrial, incrementando así los problemas ambientales. Moldea el clima de la tierra y tiene una fuerte influencia sobre el medio ambiente. En exceso son altamente dañinos para los seres vivos.

2.4.3.3. Ultravioleta tipo C o Ultravioleta lejano

Esta se extiende a partir de la zona de mayor absorción de oxígeno molecular hasta el límite de transmisión de longitudes de onda del fluoruro

de litio, comprendida entre 100 - 280 nm. Es la más nociva debido a su gran energía, afortunadamente los rayos de este tipo de radiación UV -C es absorbida íntegramente por la atmósfera por el oxígeno y el ozono presentes en la estratosfera. Si llegase a superficie terrestre sería muy perjudicial para los seres vivos. Ver Figura 9.

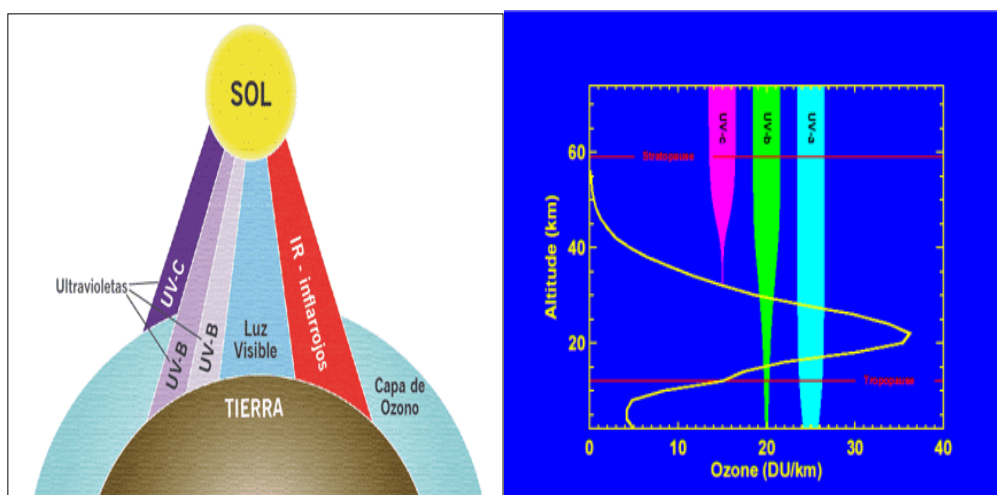


Figura 9. Tipos de Radiación Ultravioleta UVA, UV-B y UVC.

Fuente: Polari Sol (2000).

2.4.4 Efectos de la exposición a la radiación UV sobre la salud

Cuando esta radiación llega a la altura de la piel, la absorción de la radiación ultravioleta se realiza a través de diferentes sustancias con capacidad de absorberla denominada cromóforos. Una vez la radiación es absorbida por estas sustancias producen diferentes efectos que los

podemos encuadrar en un proceso denominado fotosensibilización, y dará como resultado un efecto nocivo para las células y para los diferentes tejidos de la piel.

Tanto las propias células de la piel como una serie de componentes subcelulares son las dianas de los rayos solares nocivos incidentes. Se puede citar al ADN y ARN celular, la melanina, el ácido urocánico, vitamina D, las proteínas en general. La rotura molecular provocada por dicha radiación puede llegar a desencadenar un conjunto de procesos biológicos que pueden provocar como patología más drástica el cáncer de piel. Tres procesos moleculares-celulares median en el daño que produce la radiación ultravioleta: El daño del ADN, al nivel del sistema inmunitario y el efecto dañino a través de procesos oxidativos.

1. Acción de la radiación UV sobre el ADN

El ADN celular, que como se sabe es la molécula que regula y dirige todos los procesos biológicos que realiza una célula, es el procesador de la célula y cada acción que se realiza en esta está codificada en el código genético. El problema radica en que el ADN está formado por moléculas

que son capaces de absorber la radiación UV, sobre todo las bases pirimidínicas como la timina.

Al absorber la timina el UV, deja de unirse a la molécula complementaria que le corresponde y se une a otra timina adyacente, por lo que se produce una especie de bucle en la célula, lo que va a provocar una interferencia en los procesos de replicación y transcripción del ADN en este punto dando lugar a lo que se puede denominar una mutación génica. Más o menos aparece una mutación diaria en nuestro organismo, de ahí que los sistemas de reparación han de funcionar lo más eficientemente posible.

Cuando el ADN se daña y los mecanismos de reparación no funcionan, se comienza un proceso degenerativo celular que acaba en cáncer.

2. Degeneración del sistema inmunitario

El sistema inmune lo componen principalmente células del tipo de los linfocitos y los fagocitos que, mediante su presencia y la secreción de diferentes sustancias solubles que son capaces de producir, median en la respuesta del sistema inmune ante una agresión. El sistema inmunitario también se ve afectado en la piel como consecuencia de la exposición a la

radiación ultravioleta produciendo la denominada inmunosupresión. Esta se produce a través de la disminución de la capacidad de sensibilización de los linfocitos por las células de Langerhans de la piel y por otro lado, produciendo citoquinas y otros componentes inmunosupresores por las células propias de la piel como los queratinocitos.

3. Generación de estrés oxidativo

La radiación ultravioleta va a generar unas condiciones de estrés oxidativo mediado por diferentes mecanismos moleculares y que se va a traducir finalmente en la generación de diferentes patologías cutáneas. Un radical libre es una especie química que contiene uno o más electrones desapareados en sus orbitales externos ya sea por pérdida o ganancia de un electrón. Como consecuencia, estas especies químicas son muy reactivas, ya que la tendencia es a la nueva captura de un electrón para estabilizarse y lo consiguen atacando a otras moléculas estables, convirtiéndose estas en un nuevo radical, por lo que se convierte en un proceso cíclico destructivo. Están implicados principalmente en los fenómenos inflamatorios, en la foto inmunosupresión, interviene en el daño del ADN y los daños a nivel de estructuras proteicas y lipídicas van a condicionar el foto-envejecimiento de la piel acelerado.

Es por tanto de suma importancia una alimentación rica en componentes antioxidantes además de un suplemento de estos en la piel tras la exposición prolongada a la radiación ultravioleta. Por tanto, aparte de evitar todo lo que se pueda la exposición directa de los rayos del sol más nocivos, la recuperación de la piel es fundamental, por lo que el uso de cremas hidratantes y ricas en sustancias antioxidantes tras la exposición es absolutamente necesario para evitar el envejecimiento prematuro de ésta y evitar consecuencias aún peores a largo plazo. (Aguilera J. y De Gálvez M., España).

2.4.4.1 Interacción de la radiación solar (UV) en la piel humana

La piel, entre otras de sus funciones, es el órgano encargado de la protección frente a los cambios en las condiciones ambientales, por lo tanto, es el órgano que recibe directamente la radiación electromagnética, ya sea proveniente del sol o de una fuente de radiación artificial. La piel posee una constitución física que le confiere determinadas propiedades ópticas, por lo que cuando la radiación electromagnética alcanza la capa más externa de la piel, sufre una serie de procesos adicionales que conllevan a la atenuación o extinción de esta en las capas más profundas.

El fenómeno de absorción de la luz es el proceso principal implicado en el efecto biológico que puede producir la radiación electromagnética incidente en la piel, siendo la base para entender la etiopatogenia de las fotodermatosis, así como los principios fundamentales de la fototerapia.

La interacción de la piel humana con los rayos ultravioleta, también presenta fenómenos de absorción, refracción y dispersión; por tanto, el nivel de exposición en las distintas capas de la piel será más bajo que la radiación incidente.

Para fines prácticos la piel se agrupa en 3 grupos generales tomando como factor principal el grado de sensibilidad de cada tipo de piel frente a los rayos ultravioletas.

Tipo de piel ligeramente pigmentada

La exposición a la radiación UV puede causar quemaduras graves y muy poco bronceado. Las personas que pertenecen a este grupo son las que tienen características físicas como cabello rubio o rojizo, ojos azules y pecas. La población perteneciente a este conjunto debe tener un cuidado muy especial en lo relativo a su exposición al Sol.

Tipo de piel medianamente pigmentada

Este tipo de piel al ser expuesta a la radiación solar puede presentar algunas lesiones, se broncean un poco. En este grupo se encuentran las personas con características físicas como cabello castaño y ojos cafés.

Tipo de piel muy pigmentada

La exposición a los rayos solares no es un detonante de lesiones cutáneas. La población que tiene la piel oscura posee una protección natural muy alta contra los rayos UV, por lo tanto, se reduce el riesgo de que padezcan cáncer de piel; pero son igual de vulnerables que los otros grupos a desarrollar padecimientos oculares y alteraciones en el sistema inmunológico; al exponerse a una radiación de onda corta excesiva. Ver figura 10.

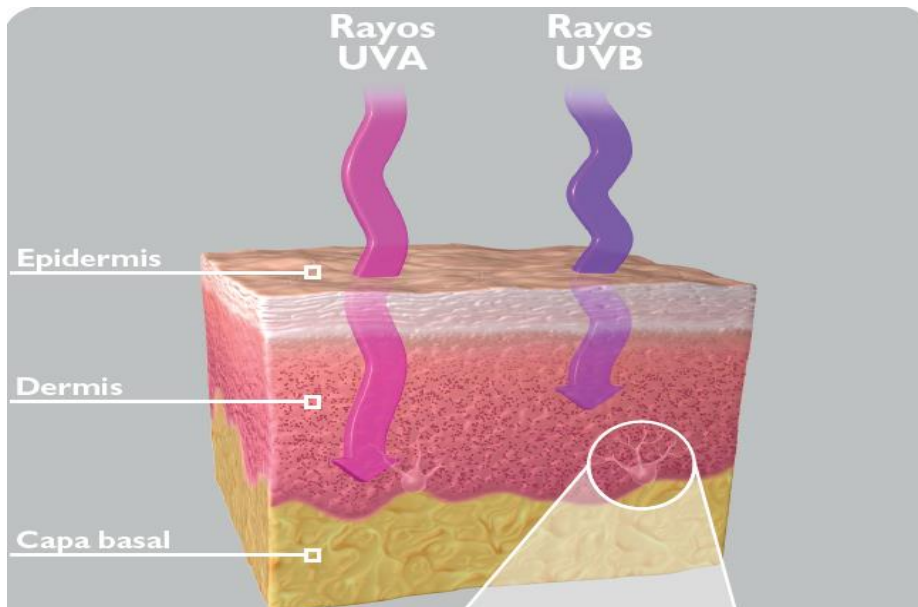


Figura 10. Riesgo de exposición a la Radiación Ultravioleta UVA, UVB
Fuente: Gary Carlson (2012)

2.4.4.2 Enfermedades causadas por la radiación UV.

La exposición a la radiación solar puede producir en el ser humano, efectos agudos y crónicos en la salud de la piel, los ojos y el sistema inmunológico (Guía práctica Índice UV solar-OMS.2003). Ver figura 11.

a). Efectos en la piel

Quemaduras solares: En función del pigmento cutáneo de la persona y de la cantidad de tiempo que haya estado expuesta al sol, la piel se vuelve

roja, inflamada y dolorida. Posteriormente, se pueden llegar a formar ampollas y la piel se descama. Algunas personas quemadas por el sol pueden incluso presentar fiebre, escalofríos y debilidad en los casos menos graves. En los más graves, pueden incluso entrar en estado de shock (hipotensión arterial o desvanecimiento).

Foto envejecimiento: Se caracteriza por la aparición de arrugas, pecas, lentigos solares y telangiectasia o aparición de pequeñas venas en la piel. Se trata de un envejecimiento prematuro extrínseco de la piel, que altera el proceso natural y que se debe a los rayos UVA principalmente ya que son los que degradan las células que dan firmeza a la piel y generan flacidez, arrugas, manchas y deshidratación.

Carcinoma bascular: Se trata del cáncer de piel más frecuente y se puede encontrar principalmente en la cara, la nariz y la frente. El riesgo de la aparición de un carcinoma basocelular aumenta con antecedentes familiares de la enfermedad y con una exposición acumulativa de luz solar ultravioleta. Por eso, es más frecuente en personas de raza blanca, rubias y de piel clara.

Melanoma maligno cutáneo: Es uno de los casos de cáncer más graves producidos en la piel. Se trata generalmente de un tumor cutáneo altamente

invasivo por su capacidad de generar metástasis o propagación del foco canceroso a los diferentes órganos del cuerpo humano. En su aparición, influyen factores de tipo intrínseco (hereditarios) y extrínsecos en cuyo caso, el factor más relevante es la exposición a la luz solar.

Carcinoma espinocelular: Es un tumor maligno en el que se observa una proliferación sin control de las células del estrato espinoso de la piel. Se origina debido a alteraciones en el ADN de las células cutáneas y se produce principalmente por quemaduras de la piel que ha sido sobreexpuesta a los rayos solares. Normalmente, se localiza en la superficie de la piel, lo que hace posible detectar ese tumor de manera temprana.

b). Efectos oculares

La fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis son efectos agudos de la exposición a la radiación UV. Estas reacciones inflamatorias de los tejidos del ojo son parecidas a las de una quemadura solar y habitualmente aparecen pocas horas después de la exposición (Guía práctica Índice UV solar-OMS.2003). Las cataratas son la principal causa de ceguera en todo el mundo. Aunque la mayoría de las personas presentan un mayor o menor grado de cataratas al envejecer, la exposición al sol, particularmente la exposición a la

radiación UV-B, es al parecer uno de los principales factores de riesgo de padecer cataratas.

c). Sistema inmunológico

La exposición a la radiación UV a dosis relativamente bajas, produce alteraciones inmunológicas tanto sistémicas como localizadas en la piel, con un efecto inmunodepresor ante diversos antígenos, así como frente al desarrollo de carcinomas cutáneos foto inducidos, que no es completamente inhibido por la aplicación de filtros solares (OMS, 2010).

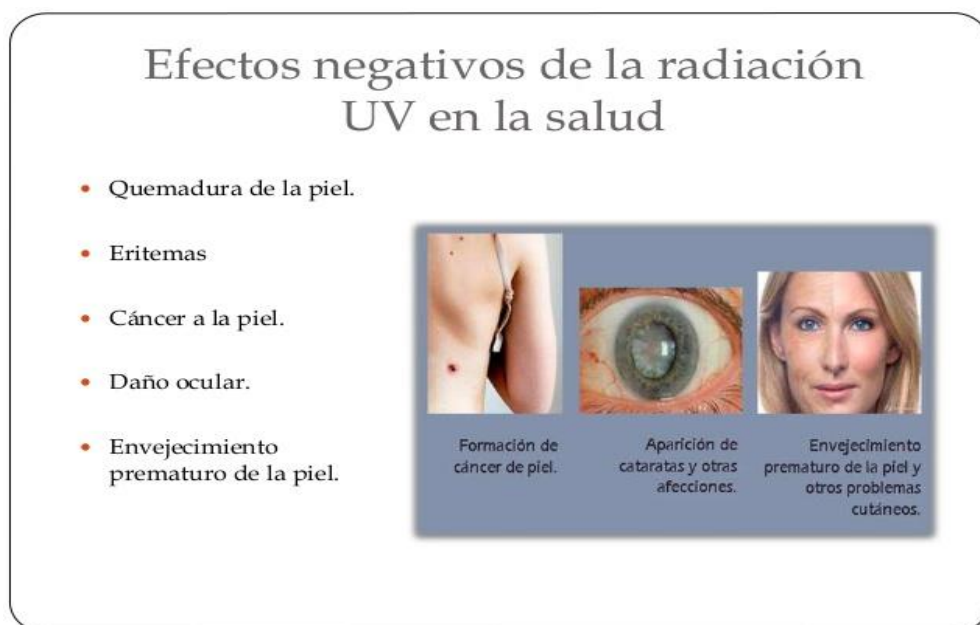


Figura 11. Efectos negativos de la radiación UV en la salud.

Fuente: OMS, 2003

2.5 Definición operacional de las variables

2.5.1 Índice de radiación ultravioleta

Desde hace varios años se vienen desarrollando métodos para determinar la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre, es así que se crea internacionalmente el término Índice UV (IUV), el cual es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre. Se expresa en una escala de 1 que es Baja (es decir que ese día se puede exponer sin protección y no correr riesgo) a más de 11 que es peligrosamente alta (con protección).

El Índice UV-B es un número adimensional, que se obtiene a partir de la Tasa de Dosis que se expresa en Med/h por unidad de área, donde MED es la Dosis Mínima de Eritema vale decir la dosis que se requiere para provocar un eritema o enrojecimiento; se define mediante la ecuación [1], propuesto por la Organización Meteorológica Mundial (OMM 2002). En la Tabla 2 se observa la equivalencia entre Med/h y IUV.

$$IUV = \frac{Med}{h} * 0,0583 \left(\frac{W}{m^2} \right) \quad [1]$$

Donde:

Med es la dosis mínima de eritema
h es el tiempo expresado en hora
0,0583 es la constante del instrumento
W unidad de potencia Watt
***m*²** metro cuadrado

El Índice UV alcanza los niveles más altos alrededor del mediodía y cuanto más alto, mayor es la probabilidad, se expresa como un valor superior a cero, los índices UV indican la intensidad de la radiación UV, sirve como vehículo importante para hacer conciencia en la población y advertir a las personas de la necesidad de adoptar medidas de protección frente a la radiación UV. (OMS, 2003)

Tabla 2

Equivalencias Índice de radiación UV y Med/h.

Índice UV	Med/h
0	0,00
1	0,43
2	0,86
3	1,29
4	1,72
5	2,14
6	2,57
7	3,00
8	3,43
9	3,86
10	4,29
11	4,72
12	5,15
13	5,57
14	6,00
15	6,43

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (2014)

2.5.2 Nivel de riesgo de exposición a la radiación ultravioleta

Los niveles de radiación UV que alcanzan la superficie terrestre viene condicionado básicamente por el ángulo cenital solar (a su vez condicionado por la hora del día, posición geográfica y época del año), el contenido total de ozono, la nubosidad, la altitud sobre el nivel del mar, los

aerosoles, el albedo o reflectividad del suelo, el ozono troposférico y otros contaminantes gaseosos. (Instituto Meteorológico Costa Rica, 1990).

Los niveles de riesgo inciden en los efectos adversos para la salud debido a la exposición a la radiación UV en la vida diaria, este puede producir en el ser humano efectos agudos y crónicos en la salud. El daño por la exposición solar es acumulativo a través de toda la vida y se expresa a través de la disfunción celular. Los niños y los adolescentes reciben tres veces más radiación anual que los adultos, el mayor grado de exposición (80 %) se da durante los primeros 20 a 30 años de vida.

2.5.3 Escala de riesgos de la radiación ultravioleta y niveles de protección

La Organización Mundial de la Salud, con la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante y la Oficina Federal Alemana para la protección contra la radiación definen una escala de un sistema estándar de medición del índice UV y una forma de presentarlo al público incluyendo un código de colores asociado; dicha escala va de 1 a 11+, las cuales están divididas en cinco categorías de exposición. Ver tablas 3 y 4 (OMS 2003).

Tabla 3

Categorías de exposición a la radiación UV

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
BAJA	< 2
MODERADA	3 A 5
ALTA	6 A 7
MUY ALTA	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11+

Fuente: Guía práctica de IUV. OMS/OMM/UNEP/CIPR (2003)

Tabla 4

Sistema de protección solar recomendado según riesgo de exposición

Índice	11 ó +	8 - 10	6 - 7	3 - 5	1 - 2
Riesgo de Exposición	Extremadamente Alto	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo
Recomendación	Protección máxima Evitar Radiación del medio día Usar ropa protectora y lentes Preferir la sombra y Usar filtro solar Beber líquidos abundantes			Requiere protección Evitar Radiación del medio día Usar ropa protectora Preferir la sombra y Usar filtro solar	No requiere protección especial, pero siempre prefiera la sombra

Fuente: Guía práctica de IUV OMS/OMM/UNEP/CIPR (2003)

2.5.4. Tiempo de tolerancia de exposición a la radiación UV-B según foto tipo de piel

Existe la creencia, equivocada, de que sólo las personas de piel clara deben preocuparse por la sobreexposición al sol. Las pieles más oscuras contienen más melanina protectora y la incidencia de cáncer de piel es menor en personas con este tipo de piel. Sin embargo, se producen casos de cáncer de piel en estas personas y, por desgracia, estos cánceres a menudo se detectan en estados más avanzados y peligrosos. El riesgo de efectos sobre la salud ocular y del sistema inmunitario relacionado con la radiación UV es independiente del tipo de piel. Ver tabla 5

Tabla 5

Tiempo de Tolerancia a la radiación UV-B, según Foto tipo de piel

Nivel de radiación ultravioleta	IUV	Según el tipo de piel, el tiempo máximo de exposición en minutos sin protección es:					
		Muy clara	Clara	Morena clara	Morena oscura	Oscura	Muy oscura
Baja	0	Indefinido	Indefinido	Indefinido	Indefinido	Indefinido	Indefinido
	1	112	140	175	219	274	342
	2	56	70	88	109	137	171
Moderada	3	37	47	58	73	91	144
	4	28	35	44	55	68	86
	5	22	28	35	44	55	68
Alta	6	19	23	29	37	47	57
	7	16	20	25	31	39	49
Muy Alta	8	14	18	22	27	34	42
	9	12	16	19	24	30	38
	10	11	14	18	22	27	34
Extremadamente Alta	11	10	13	16	20	25	31
	12	9	12	15	18	23	29
	13	9	11	14	17	21	26
	14	8	10	13	16	20	24
	15	8	9	12	15	18	23

Fuente: Guía práctica de IUV (OMS, 2003)

2.6 Medición de la radiación solar ultravioleta

2.6.1 Instrumento para el registro de la radiación ultravioleta

Para el monitoreo de la radiación UV no existen muchas compañías que se dediquen a la fabricación de sensores de este tipo, ya que para su fabricación se tiene que poner énfasis en el estudio de la selectividad en las longitudes de onda. Para lograr esto los desarrolladores de instrumentos han tenido que realizar grandes investigaciones sobre materiales que tengan alta sensibilidad en longitudes de onda específicas. (Quiñones A., Alamanza R., 2013).

2.6.2 Estación meteorológica Jorge Basadre Grohmann

La estación meteorológica agrícola principal (MAP) Jorge Basadre Grohmann, operada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI, forma parte de la red nacional de monitoreo de radiación ultravioleta B, donde se ha instalado un equipo de medición de radiación ultravioleta B, específicamente un biómetro solar modelo 501, el mismo que viene funcionando desde setiembre del año 2011.

2.6.3 Biómetro solar

El equipo de radiación solar UV-B, constituido por un biómetro es un instrumento que sirve para medir los niveles de radiación ultravioleta que recibe la superficie terrestre. Las unidades de medida están expresadas en Med/hora lo cual indica las dosis de rayos ultravioleta que se recibe en una hora, la cúpula o sensor simula la respuesta de la piel de una persona a los rayos UV.

El modelo 501, UV-Biometer, es la continuación de la línea de los medidores RB que han sido empleados en todas las redes mundiales de control de la radiación UV-B desde hace varias decenas de años. El biómetro fue diseñado por Berger y Morys, basándose en la experiencia obtenida durante el diseño del radiómetro Robertson-Berger RB, y en las investigaciones centradas en la dependencia de la temperatura del sensor RB y su estabilización, nombrado en el (Manual Solar Light Co, 2006)

Características:

Consta de un sensor o piranómetro, quien capta los rayos solares ultravioleta en longitudes de onda entre 280 – 320 nm (nanómetros). Así mismo, presenta un sistema de almacenamiento de datos que registra la

información el cual consta de un display y un menú de archivos. Tiene como dimensiones un diámetro de 15 cm, con una altura de 13 cm y un peso de 0,9 kg. Ver Figura 12.



Figura 12. Biómetro, instrumento de medición de la radiación ultravioleta UV, modelo solar light 501
Fuente: SENAMHI

Accesorios

- Cable coaxial de 09 metros de longitud
- Fuente de poder de 12 VDC
- Cable de comunicación RS 232

Instalación

Una instalación apropiada del sensor y una correcta conexión al Data Logger de datos aseguran una medida precisa de la radiación, mediante los siguientes criterios:

- El emplazamiento debe ser visible con la mayor porción posible de firmamento, la radiación difusa contribuye significativamente al total de radiación UV-B.
- El polvo o humo pueden suponer un cambio significativo de la cantidad de radiación que llega al sensor.
- No se debe colocar el detector en lugares donde se puedan producir acumulaciones de nieve o agua.
- Si se instala el detector en un lugar donde se encuentren otros equipos que necesiten visitas frecuentes, las mediciones pueden resultar falsas por el bloqueo de la radiación ocasionado por el personal de visitantes.
- Si el equipo se instala en lo alto de un edificio o zonas con frecuentes tormentas, debe proveerse la instalación de pararrayos dentro de un radio de 2 a 4 m del equipo.
- La base se instala en el emplazamiento mediante tornillos que fijan la placa inferior. Se insertan entonces las patas del detector en los tres orificios en la placa superior, se hace rotar el equipo en la placa superior quedando las mismas fijadas.
- Una palanca permite el bloqueo de las placas y la sujeción del equipo.
- Una vez montado el equipo, se nivela mediante la rotación de las patas según el nivel de burbuja que lleva en la carcasa. A continuación, se realiza la conexión introduciendo firmemente el conector, protegiendo

el conjunto con el capuchón de goma y tendiendo el cable hasta la fuente de alimentación y el Data logger de datos.

- Cuando las condiciones de tiempo son severas, se recomienda poner un forro o protector al cable coaxial.

2.6.4 Operación y mantenimiento del equipo biómetro

- A fin de mantener la calidad de las medidas, el equipo UV biómetro debe ser calibrado periódicamente, con la finalidad de calcular una nueva constante de calibración. El periodo recomendado es de un año.
- Bajar los datos a la PC en forma diaria, siguiendo el procedimiento ordinario para cada tipo de instrumento.
- La información diaria se deberá guardar comprimiendo los archivos de todos los días del mes. (Ccora, 2011)

2.7 Morbilidad de personas víctimas de enfermedades de la radiación ultravioleta en Tacna

En la Tabla 6 se muestra datos históricos de morbilidad de personas que han sufrido algunos efectos de radiación solar ultravioleta como ser cáncer y otros, obtenidas del Ministerio de Salud de los años 2012-2015 de todos los hospitales y centros de salud de Tacna.

Tabla 6

Morbilidad de personas con cáncer a la piel, por años, en Tacna

MORBILIDAD DE CANCER A LA PIEL/AÑO				
AÑOS	2012	2013	2014	2015
N° PERSONAS	22	23	54	58

Fuente: Dirección Regional de Salud Tacna

La Figura 13 representa el comportamiento de morbilidad de personas afectadas por radiación solar ultravioleta de los años 2012 al 2016, los resultados muestran una variación significativa de incremento durante el periodo 2012 al 2015.

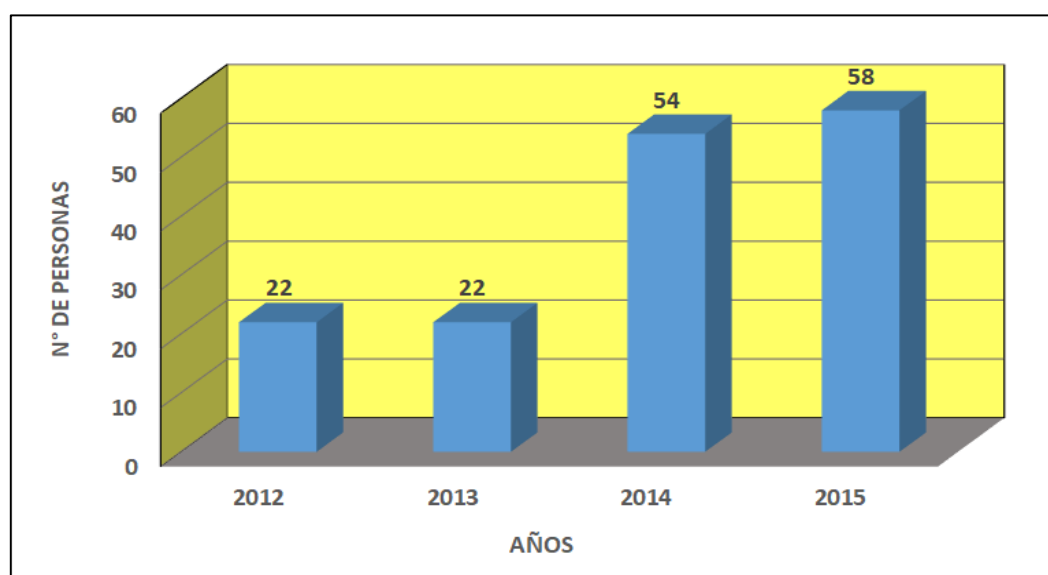


Figura 13: Morbilidad de personas afectadas por radiación Ultravioleta Tacna

Fuente: Elaboración propia.

2.7.1 Morbilidad de personas víctimas de enfermedades de la radiación ultravioleta, por edades.

En la Tabla 07 se muestra datos históricos de morbilidad de personas afectadas en su salud por radiación solar ultravioleta, los cuales están agrupados por edades; donde se puede observar que la mayor cantidad de afectados se encuentran en personas que tienen de 30 años a más.

Esto se debe a que las personas a estas edades ya estuvieron expuestas por periodos largos a la radiación solar ultravioleta, durante las etapas de su niñez, adolescencia y juventud. Los 149 casos de morbilidad presentados en personas que se encuentra en edades de 30 a + 60 años.

Tabla 7

Morbilidad de personas con cáncer a la piel, según etapas de vida en Tacna

AÑO	MORBILIDAD	SEXO	TOTAL	EDAD				
				0 - 11A	12 - 17	18 - 29A	30 - 59A	60A+
2012	OTROS TUMORES MALIGNOS DE LA PIEL	T	6	-	-	-	3	3
		M	-	-	-	-	-	
	MELANOMA MALIGNO DE LA PIEL	F	6	-	-	-	3	3
		T	5	-	-	-	3	2
		M	5	-	-	-	3	2
		F	-	-	-	-	-	
2013	MELANOMA MALIGNO DE LA PIEL	T	4	2	-	-	1	1
		M	1	-	-	-	1	-
	OTROS TUMORES MALIGNOS DE LA PIEL	F	3	2	-	-	-	2
		T	7	-	-	1	1	5
		M	3	-	-	1	-	2
		F	4	-	-	-	1	3
2014	MELANOMA MALIGNO DE LA PIEL	T	4	-	-	-	2	2
		M	-	-	-	-	-	
	OTROS TUMORES MALIGNOS DE LA PIEL	F	4	-	-	-	2	2
		T	23	-	-	-	4	19
		M	10	-	-	-	-	10
		F	13	-	-	-	4	9
2015	OTROS TUMORES MALIGNOS DE LA PIEL	T	28	-	-	1	3	24
		M	15	-	-	1	2	12
	MELANOMA MALIGNO DE LA PIEL	F	13	-	-	-	1	12
		T	1	-	-	-	-	1
		M	1	-	-	-	-	1
		F	-	-	-	-	-	
2016	MELANOMA MALIGNO DE LA PIEL	T	7	-	-	-	7	-
		M	7	-	-	-	7	-
	OTROS TUMORES MALIGNOS DE LA PIEL	F	-	-	-	-	-	-
		T	44	1	-	-	16	27
		M	21	-	-	-	12	9
		F	23	1	-	-	4	18
2017	OTROS TUMORES MALIGNOS DE LA PIEL	T	15	-	-	1	4	10
		M	7	-	-	1	3	3
	MELANOMA MALIGNO DE LA PIEL	F	8	-	-	-	1	7
		T	4	-	-	-	2	2
		M	-	-	-	-	-	
		F	4	-	-	-	2	2

Fuente: Dirección Regional de Salud Tacna

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación se considera de tipo aplicada o utilitaria de acuerdo a la clasificación que sigue Ander – Egg y Bunge. Este tipo de estudios, aunque depende de los descubrimientos y avances de la investigación básica y se enriquece con ellos, se caracteriza en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. En ese sentido, como señala Ander – Egg, la investigación aplicada busca el conocer para actuar, para construir, para modificar en forma longitudinal.

3.1.2 Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación considera los siguientes niveles:

- **Descriptivo:** Desde el punto de vista científico, describir es medir, esto es en un estudio descriptivo se selecciona una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, es decir, cómo es y se manifiesta determinado fenómeno.

- **Explicativo:** Una teoría o explicación constituye un conjunto organizado de principios, definiciones y suposiciones por medio del cual se interpreta una realidad. Estos supuestos deben ser coherentes a los hechos relacionados con el tema de estudio.
(Hernández, 2003)

3.1.3 Caracterización del diseño de investigación

Esta caracterización, sin embargo, no puede generalizarse a todos los puntos del planeta ya que la irradiancia solar sobre la superficie terrestre depende de una diversidad de factores que van desde los astronómicos, pasando por los atmosféricos hasta los propios de cada localidad; además, se requiere de una instrumentación.

Para efectos de la contratación de la hipótesis, se ha utilizado el diseño:

a) No experimental

Según (Hernández & Baptista, 2010), son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

b) Transaccional

Según (Hernández & Baptista, 2010), responde a los estudios transaccionales, ya que recopilan datos en un solo periodo.

c) Descriptivo

Según (Hernández & Baptista, 2010), es descriptivo ya que indagan la incidencia de las modalidades y categorías, o niveles de una o más variables en una población.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Identificación de las variables

Variable independiente

X: Índice de radiación ultravioleta B

Variable dependiente

Y: Nivel de riesgo de exposición a la radiación ultravioleta B.

3.2.2 Caracterización de las variables

Variable independiente

Indicadores

X: Valor del índice de la radiación ultravioleta B a nivel horario, diario, mensual, multianual y estacional.

X₁: 1 a 11+

Variable dependiente

Indicadores

Y: Nivel de riesgo de exposición a radiación ultravioleta B

Y₁: Baja (1 – 2)

Y₂: Moderada (3 - 5)

Y₃: Alta (6 - 7)

Y₄: Muy Alta (8 - 10)

Y₅: Extremadamente Alta (11+)

3.2.3 Técnicas de recolección de datos

➤ Ubicación del equipo de medición de la radiación

La información empleada en la presente investigación es recopilada por el SENAMHI a través de la red de monitoreo de la radiación ultravioleta B en Tacna generada en la estación meteorológica

agrícola principal (MAP) Jorge Basadre Grohmann, ubicada en la coordenada geográfica: latitud sur $18^{\circ}01'36''$, longitud oeste $70^{\circ}15'2,4''$, y una altitud de 560 msnm, ciudad universitaria fundo Los Pichones Facultad de Ciencias Agrícolas de la UNJBG en Tacna, dicha información se almacena a nivel horario en una base de datos. Para la presente investigación se ha utilizado la información a nivel horario correspondiente a los años 2012, 2013 y 2014.

3.2.4 Instrumento recolector de información de radiación

La información recopilada de radiación ultravioleta B, ha sido mediante un biómetro, instrumento que sirve para medir los niveles de radiación Ultravioleta, específicamente se trata de un biometer solar light modelo 501, su constante de calibración del sensor RUV en Tacna es 3,2271.

3.3 Procesamiento y análisis de datos

La información recopilada por el biómetro, es Med/h a nivel de minutos, esta información es procesada, para luego convertir en

índice de radiación ultravioleta, la cual se realiza mediante la ecuación [1].

A continuación, se procede a la tabulación a nivel horario, diario y mensual con ayuda de la hoja de cálculos del programa Excel, debido a que es una de las más importantes herramientas que cuenta con amplias capacidades gráficas, se mostró los resultados en tablas y figuras. Las figuras utilizadas para esta representación de datos son figura en barras, histogramas, y lineales ya que se pueden representar los datos recopilados con mayor facilidad para su análisis e interpretación.

CAPÍTULO IV

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

4.1 CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA B A NIVEL HORARIA MENSUAL

4.1.1 Cuantificación y caracterización de la RUV periodo 2012

Enero

En la Figura 14 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria 11 a 12, de 8 a 10; 6; 3 a 4 y 2 con niveles de riesgo de exposición durante el mes enero, determinándose: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	8	11	12	11	10	6	3	1	0

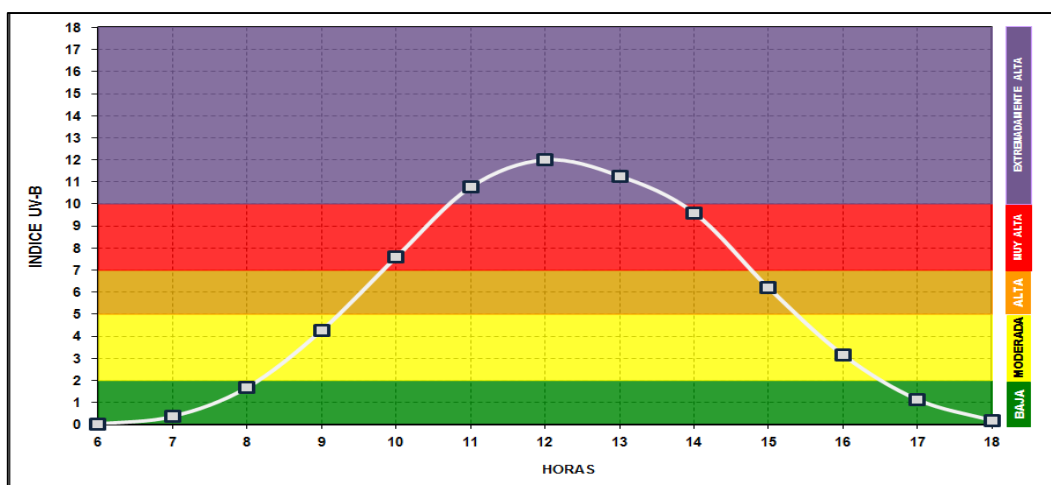


Figura 14: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, enero 2012

Fuente: Elaboración propia.

Febrero

En la Figura 15 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria 11; 9; 6; 3 y 1 con niveles de riesgo de exposición durante el mes febrero, determinándose niveles de riesgo de exposición: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	7	9	11	11	9	6	3	1	0

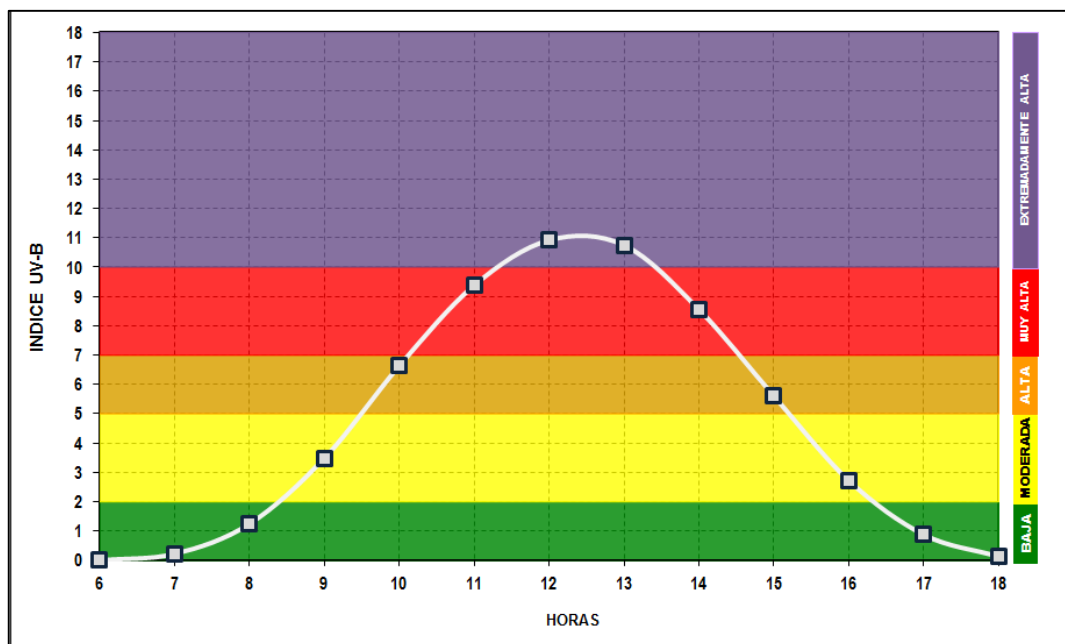


Figura 15: Caracterización de índice de radiación UV-B horario niveles de riesgo, febrero 2012

Fuente: Elaboración propia.

Marzo

En la Figura 16 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria 10; 5 a 3 y 2 a 1 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes marzo, determinándose: Muy alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	5	8	10	10	8	5	2	1	0

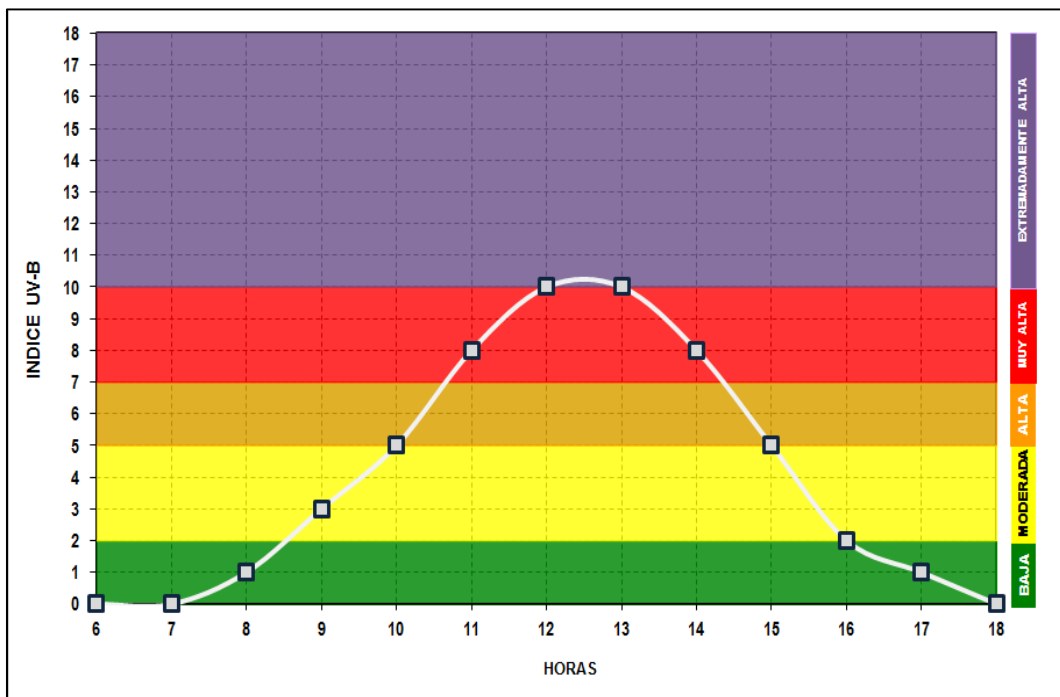


Figura 13: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, marzo 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Abril

En la Figura 17 se observa la caracterización del IRUV horaria con valores de 8, 6 a 7, 3 a 5 y 1 con niveles de riesgo de exposición durante el mes abril, determinándose muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	5	7	8	8	6	3	1	0	0

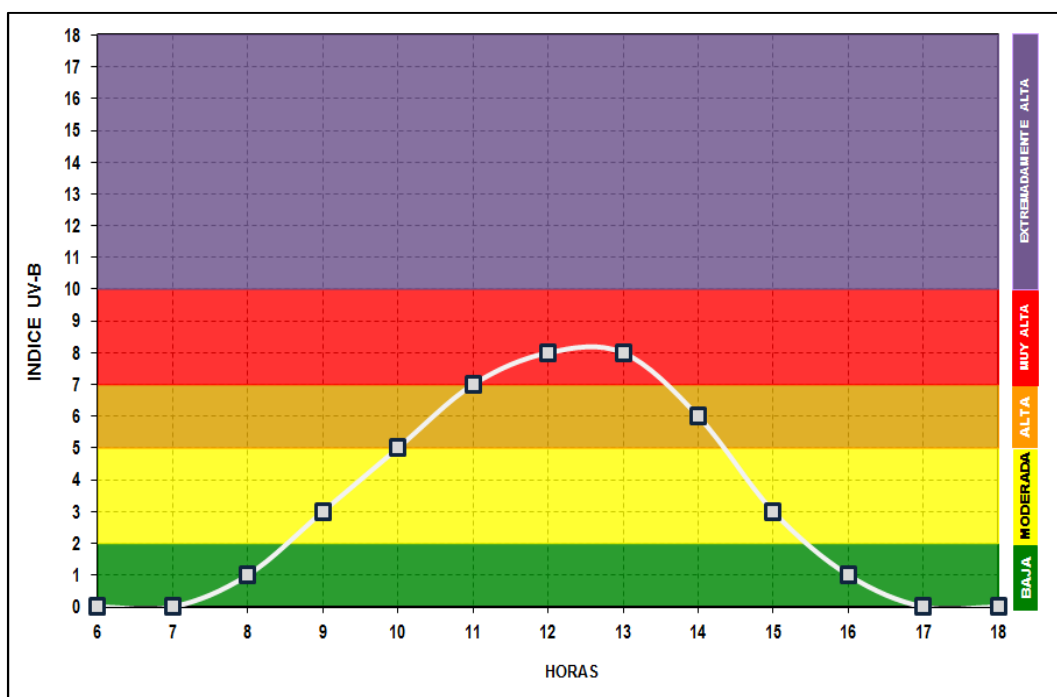


Figura 17: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, abril 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Mayo

En la Figura 18 se observa la caracterización del índice de la radiación UV-B horaria con valores de 6; 3 a 5 y de 1 a 2 con niveles de riesgo de exposición durante el mes mayo, determinándose alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	2	3	5	6	6	4	2	1	0	0

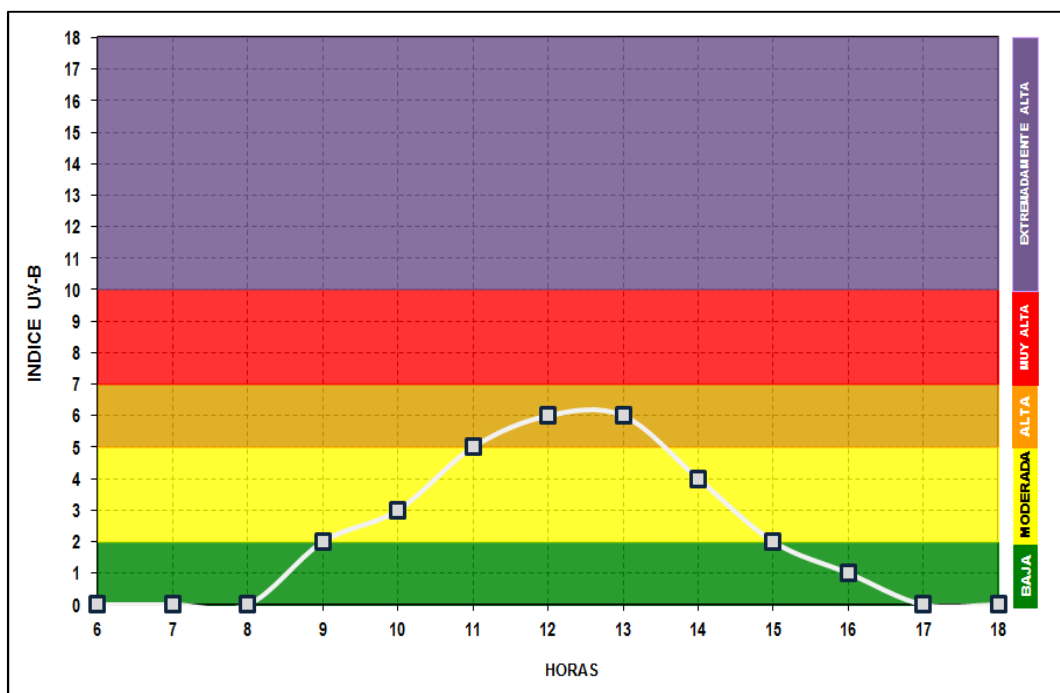


Figura 18: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, mayo 2012

Fuente: Elaboración propia.

Junio

En la Figura 19 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 3 a 5 y 1 a 2 con niveles de riesgo de exposición durante el mes junio, determinándose: Moderada y baja.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	2	4	5	5	3	2	1	0	0

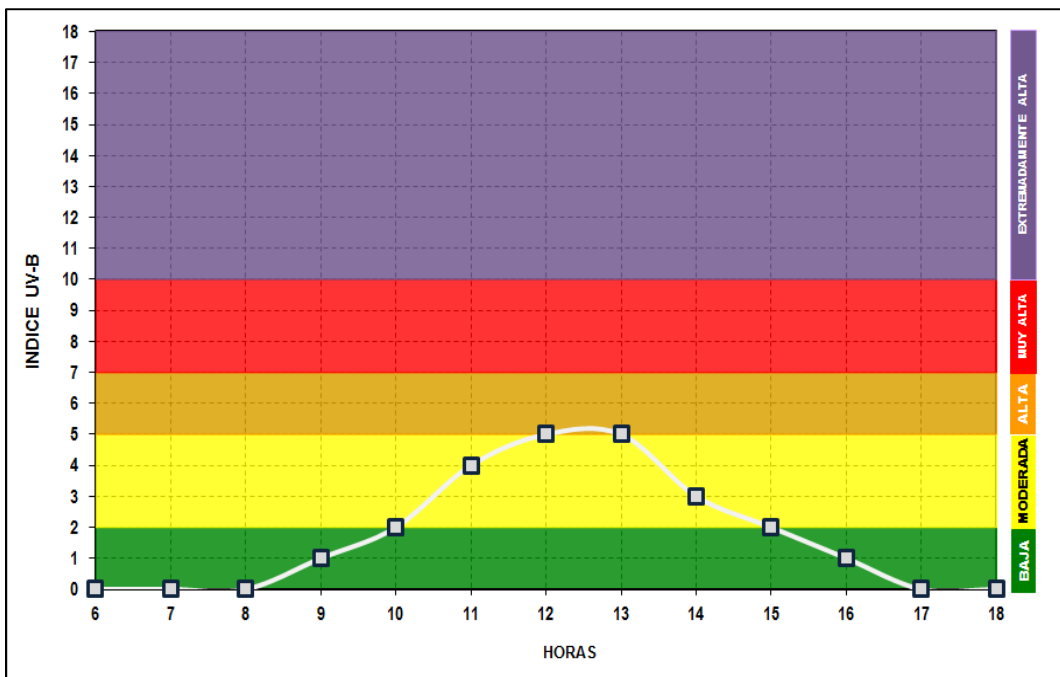


Figura 19: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, junio 2012

Fuente: Elaboración propia.

Julio

En la Figura 20 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 4 a 5 y de 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes julio, determinándose: Moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	2	4	5	5	4	2	1	0	0

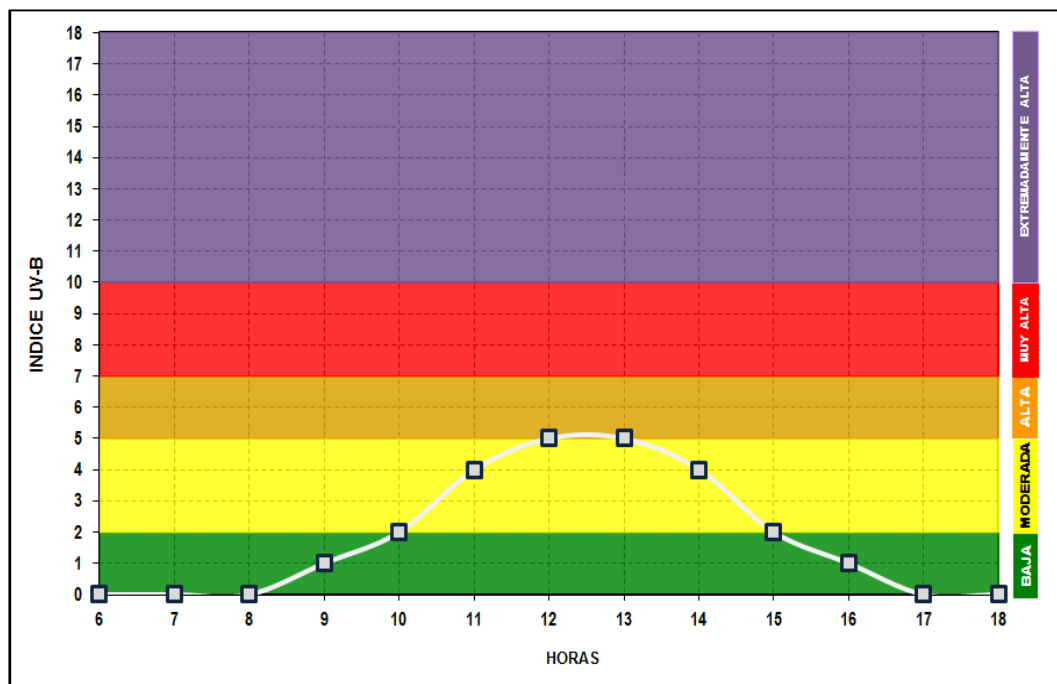


Figura 20: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, julio 2012

Fuente: Elaboración propia.

Agosto

En la Figura 21 se observa la caracterización de índice de radiación UV-B horaria con valores 6; 3 a 5 y 1 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes agosto, se determinaron: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	3	4	6	6	5	3	1	0	0

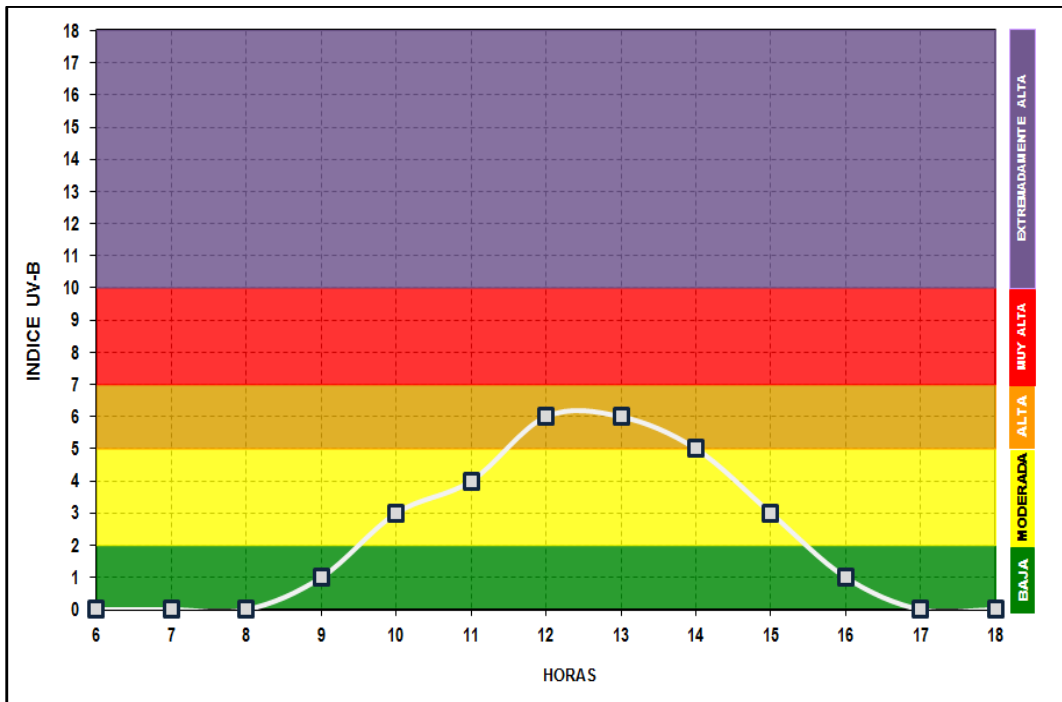


Figura 21: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, agosto 2012

Fuente: Elaboración propia.

Setiembre

En la Figura 22 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 6 a 7; 3 a 5 y de 1 a 2 con los niveles de riesgo de exposición durante el mes setiembre, determinándose: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	2	4	6	7	7	5	3	1	0	0

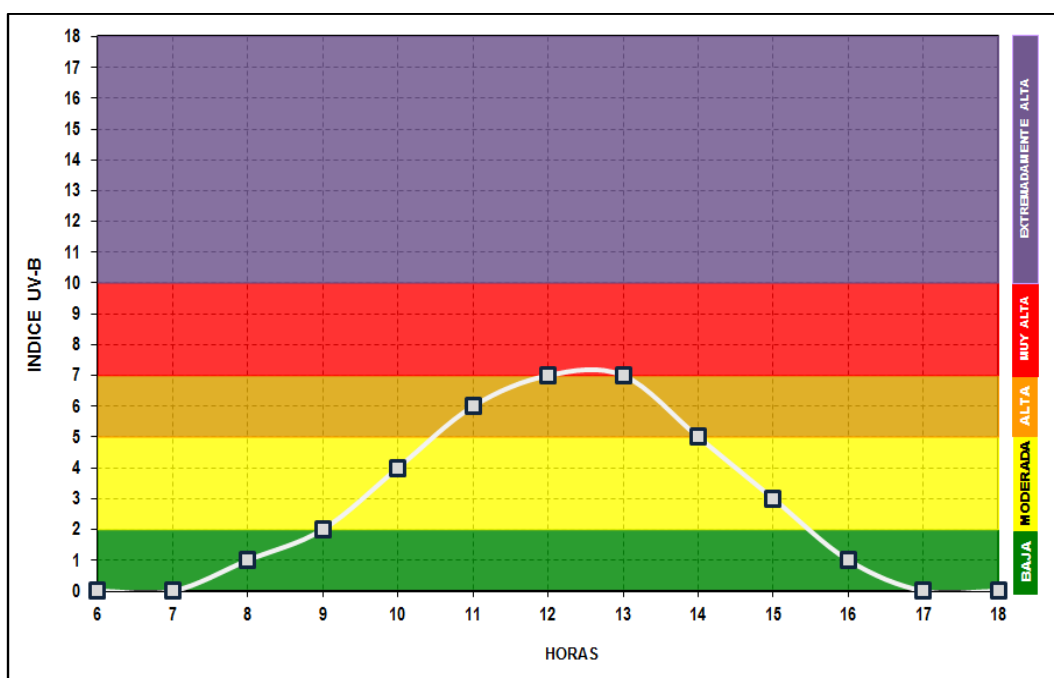


Figura 22: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, setiembre 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Octubre

En la Figura 23 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 9 a 10; 6 a 7; 3 a 4 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes octubre, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	6	9	10	9	7	4	2	0	0

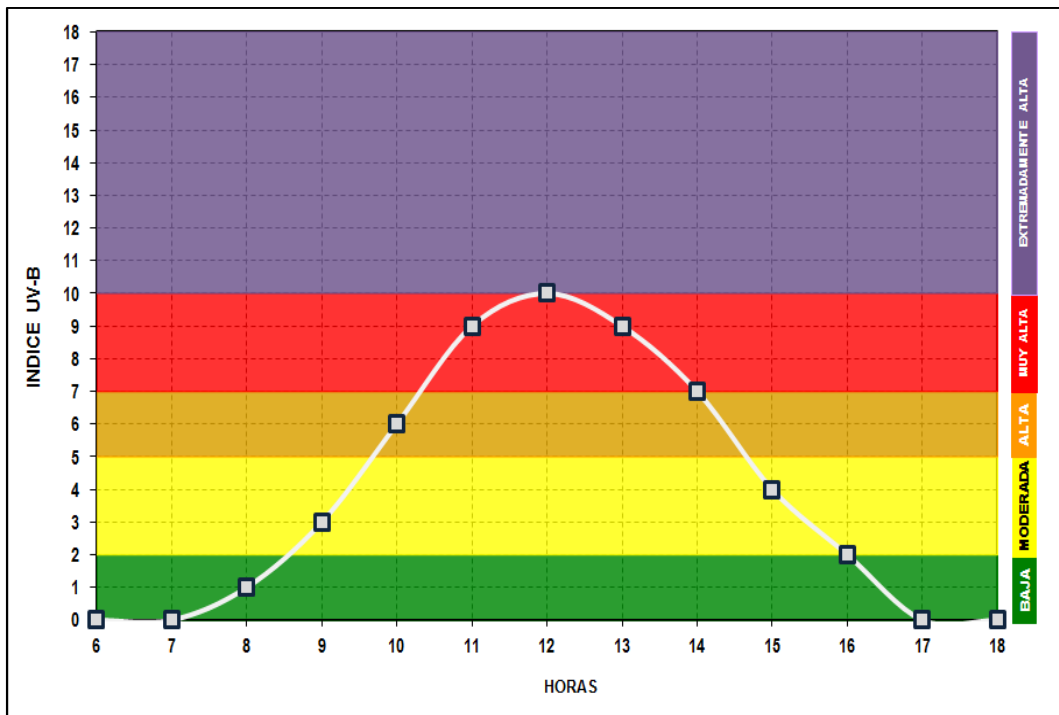


Figura 23: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, octubre 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Noviembre

En la Figura 24, se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 9 a 10; 7; 4 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes noviembre, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	7	10	10	9	7	5	2	1	0

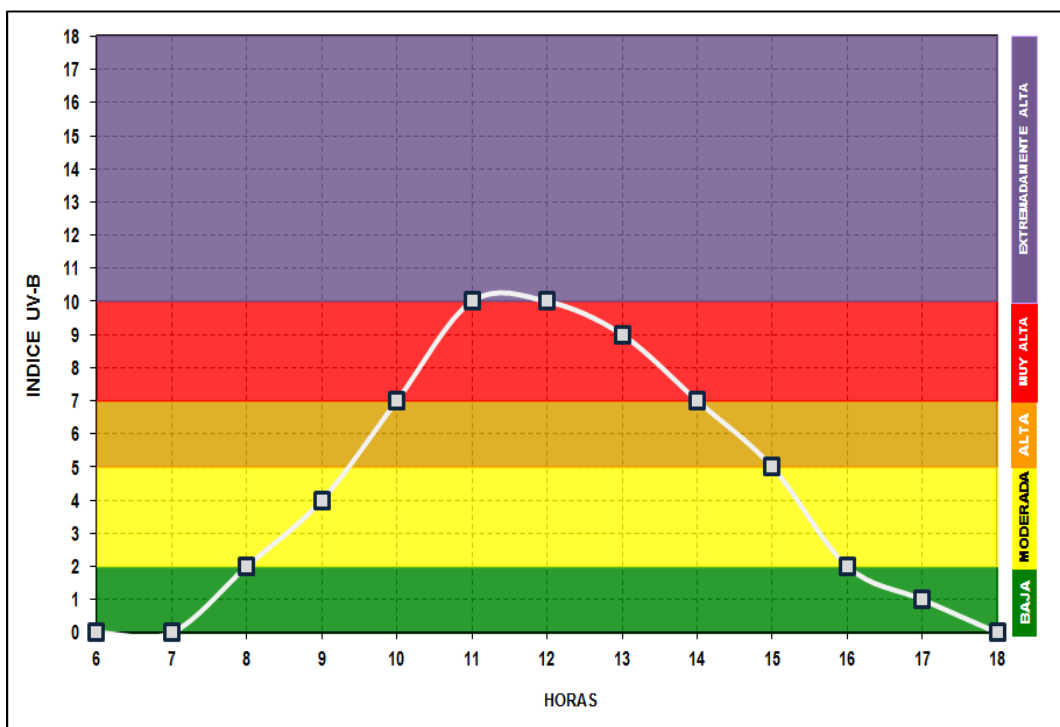


Figura 24: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, noviembre 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Diciembre

En la Figura 25 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 9 a 10; 7; 4 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes diciembre, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	1	2	4	7	9	10	10	7	5	2	1	0

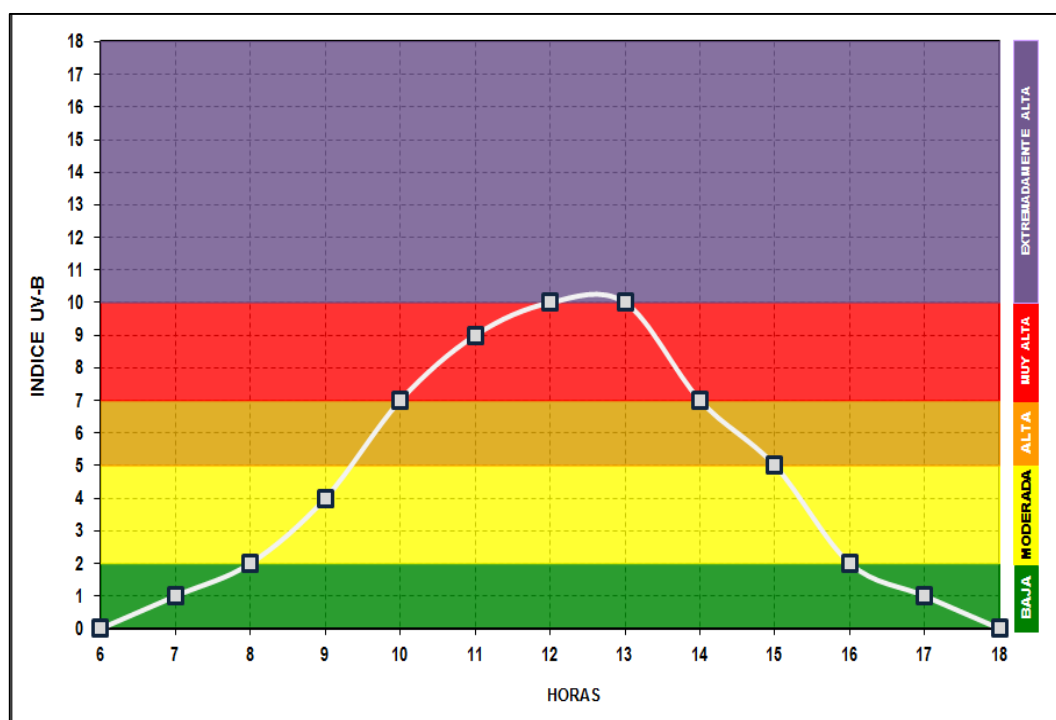


Figura 25: Caracterización de índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, diciembre 2012.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B a nivel horaria a nivel mensual, durante el año 2013

Enero

En la Figura 26 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 11; 8 a 10; 6 a 7; 3^a 4 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes enero, determinándose: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente,

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	7	10	11	10	8	6	3	1	0

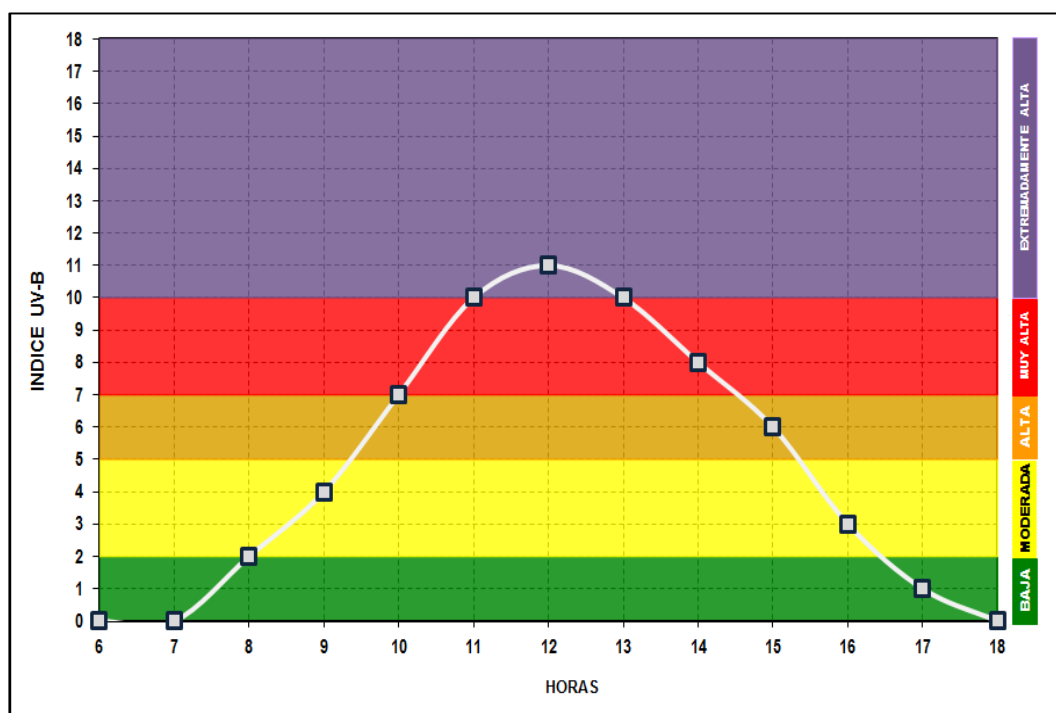


Figura 26: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, enero 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Febrero

En la Figura 27 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 9 a 10; 6 a 7; 3 a 4 y 1 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes febrero, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	4	7	9	10	10	9	6	3	1	0

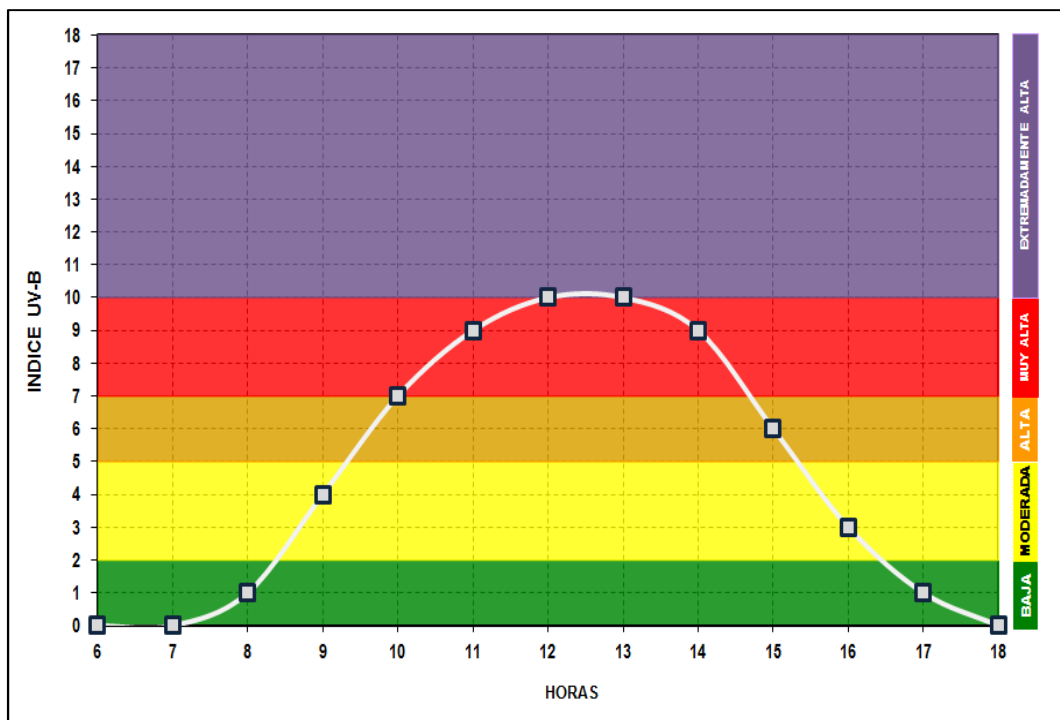


Figura 27: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, febrero 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Marzo

En la Figura 28 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 8 a 10; 6; 3 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes marzo, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	6	9	10	10	8	5	2	1	0

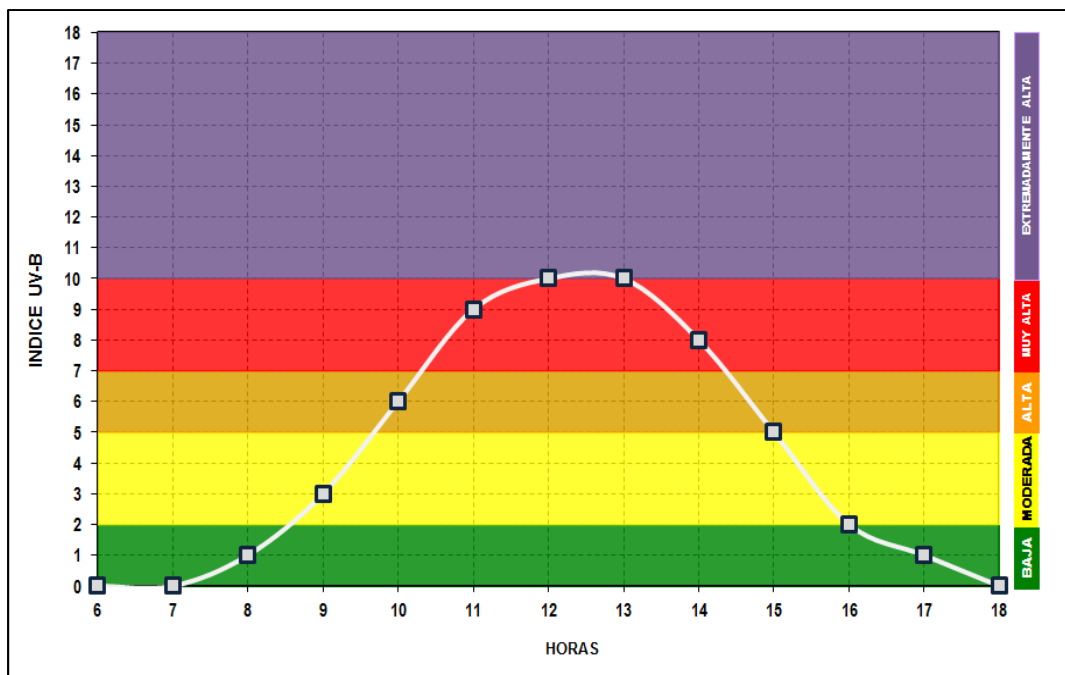


Figura 28: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, marzo 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Abril

En la Figura 29 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 8; 6 a 7; 3 a 5 y 1 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes abril, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	5	7	8	8	6	4	1	0	0

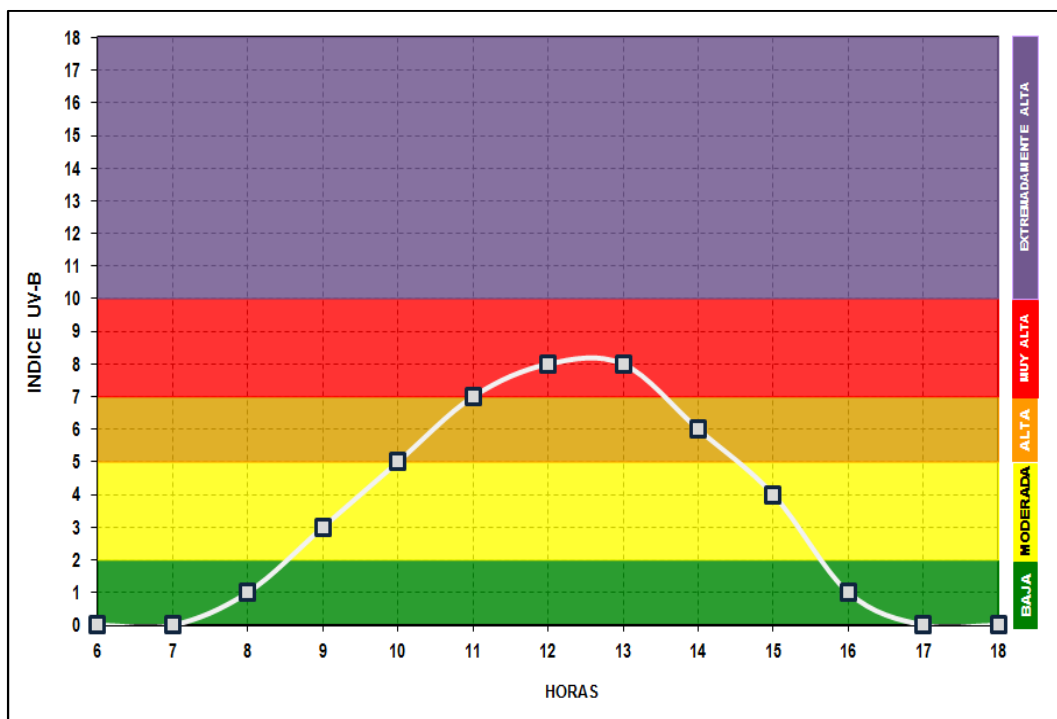


Figura 29: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, abril 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Mayo

En la Figura 30, se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 6; 3 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes mayo, determinándose: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	1	3	5	6	5	4	2	1	0	0

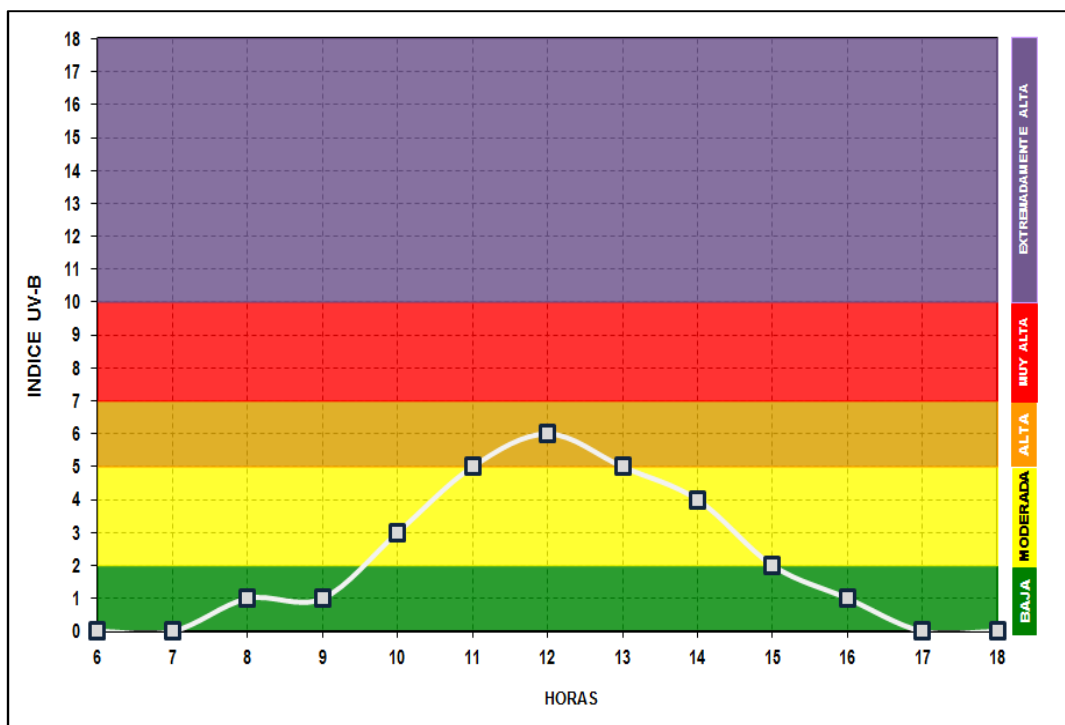


Figura 30: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, mayo 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Junio

En la Figura 31 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 3 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes junio, determinándose: Moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	3	4	5	5	3	2	1	0	0

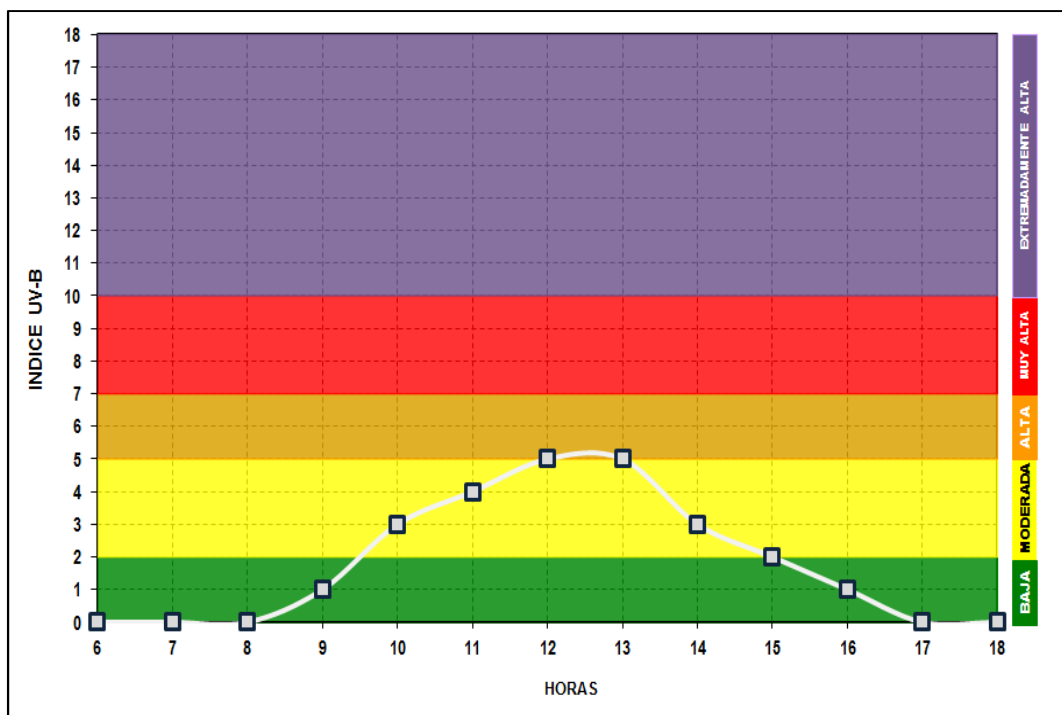


Figura 31: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, junio 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Julio

En la Figura 32 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 3 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes julio, determinándose: Moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	3	4	5	5	4	2	1	0	0

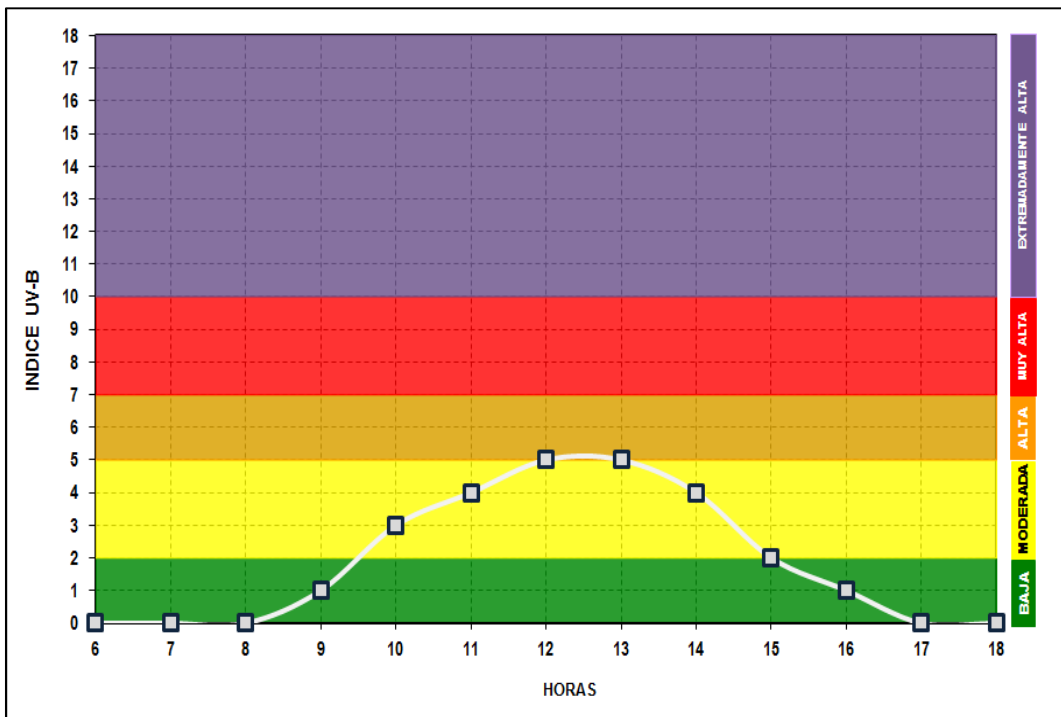


Figura 32: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, julio 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Agosto

En la Figura 33 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 6; 4 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes agosto, determinándose: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	2	4	6	6	5	4	2	1	0	0

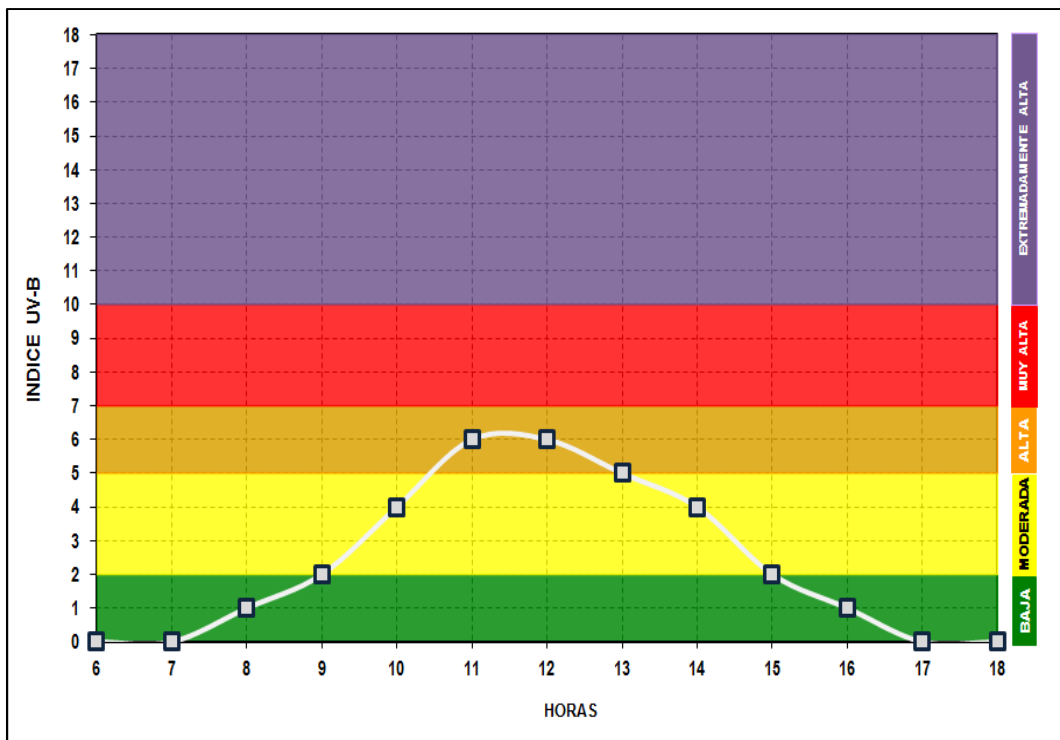


Figura 33: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, agosto 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Setiembre

En la Figura 34 se observa la caracterización de índice de radiación UV-B horaria con valores 8 a 9; 6 a 7; 4; 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes setiembre, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	2	4	7	9	8	6	4	1	0	0

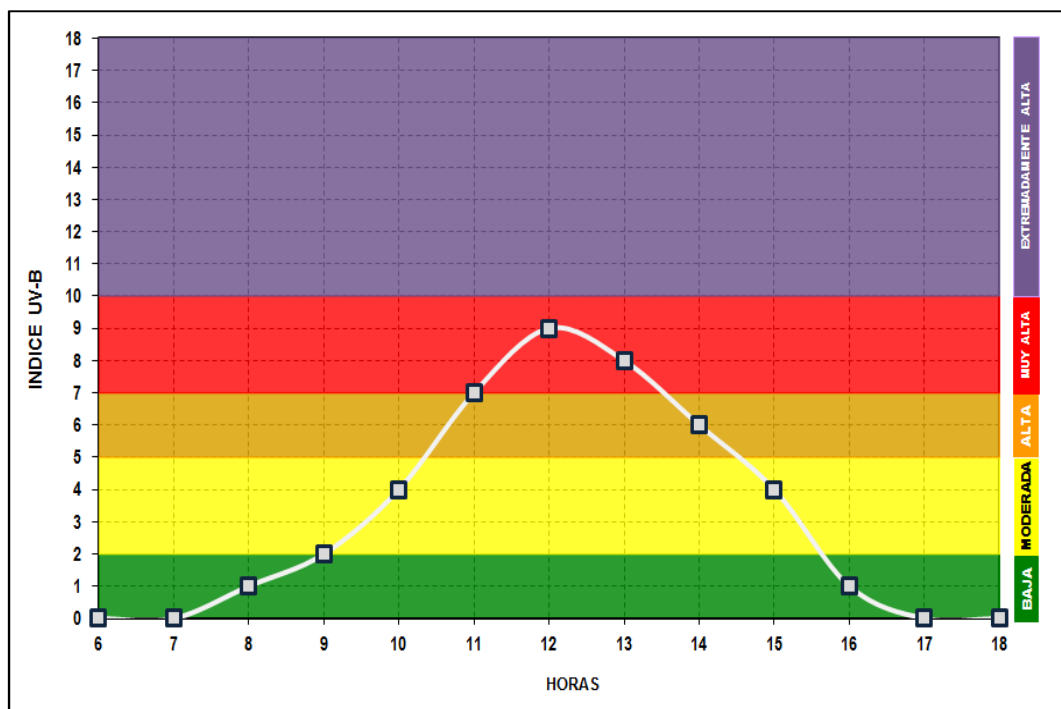


Figura 34: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, setiembre 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Octubre

En la Figura 35 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 9 a 10; 7; 4; 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes octubre, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	4	7	9	10	9	7	4	2	0	0

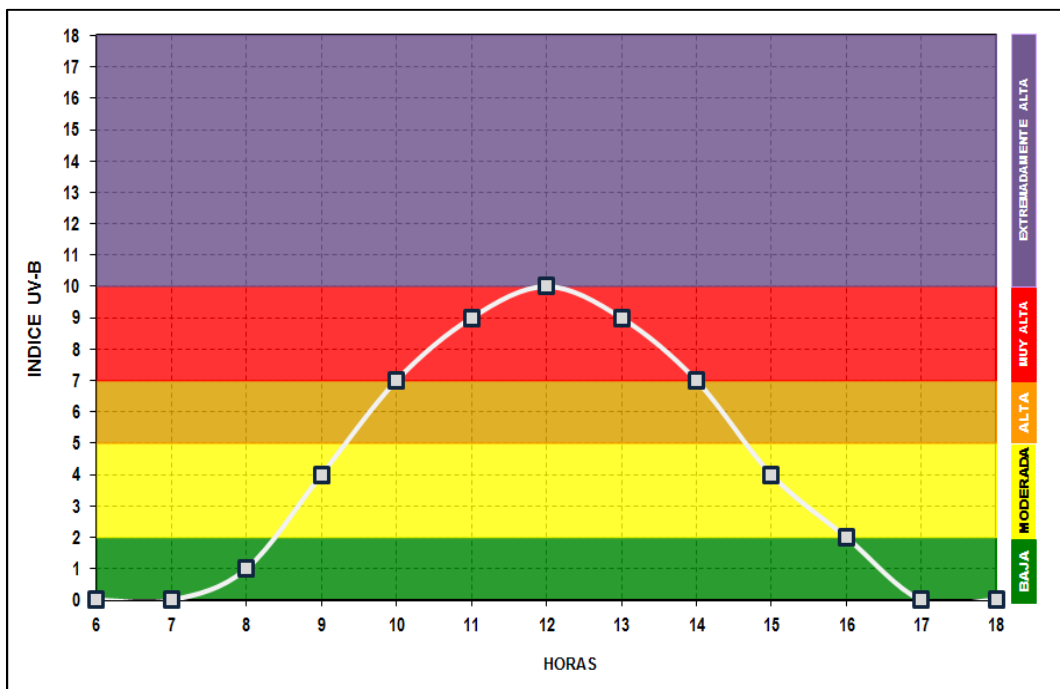


Figura 35: Caracterización del índice de la radiación UV-B horario y niveles de riesgo, octubre 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Noviembre

En la Figura 36 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 11; 8 a 10; 7; 4 a 5 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes noviembre, determinándose: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	7	10	11	10	8	5	2	1	0

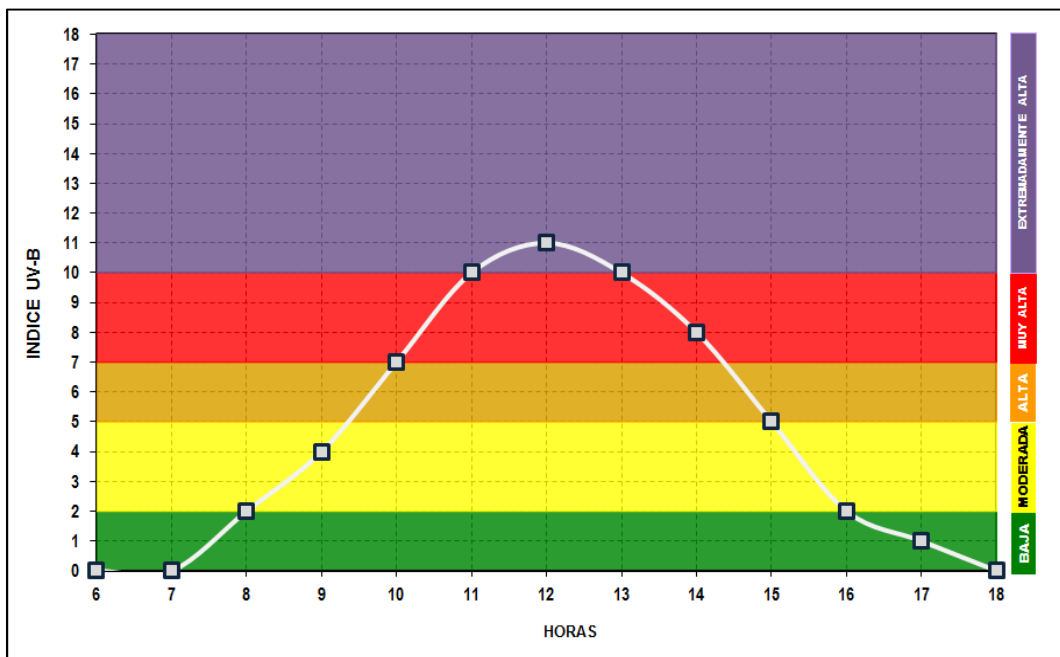


Figura 36: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, noviembre 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Diciembre

En la Figura 37 se observa la caracterización de índice de radiación UV-B horaria con valores 8 a 10; 7; 3 a 5 y 1 a 2 relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes diciembre, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	1	2	4	7	9	10	10	8	5	3	1	0

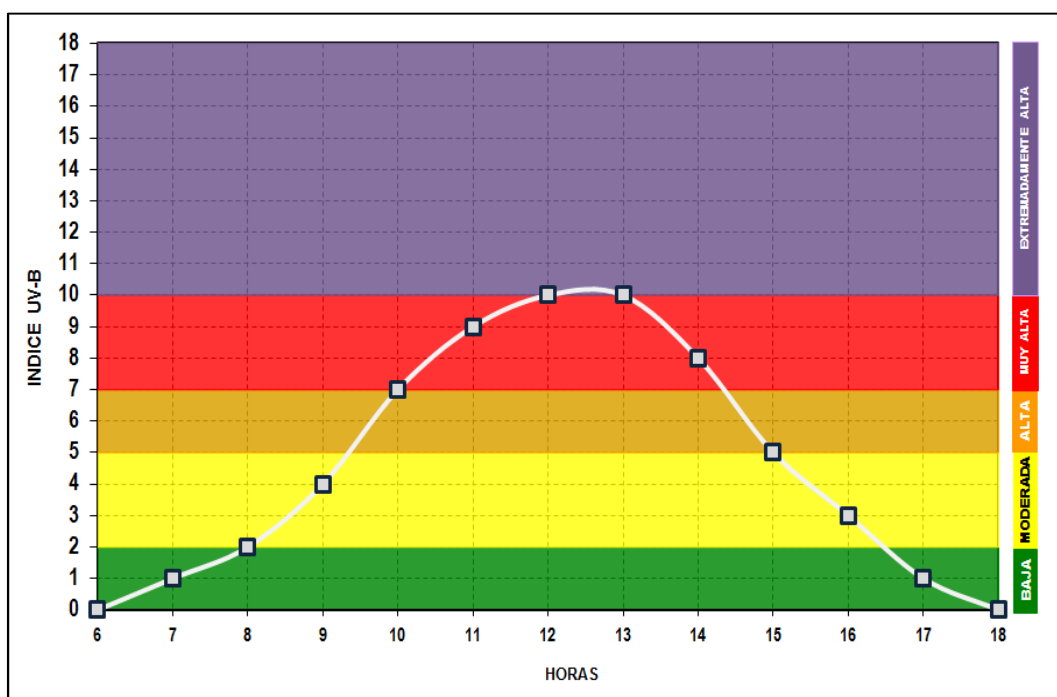


Figura 37 Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, diciembre 2013.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B a nivel horaria a nivel mensual, durante el año 2014

Enero

En la Figura 38 se observa la caracterización de índice de radiación UV-B horaria con valores 11; 9 a 10, 6 a 7; 3 a 4 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes enero, determinándose: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	7	9	11	10	9	6	3	1	0

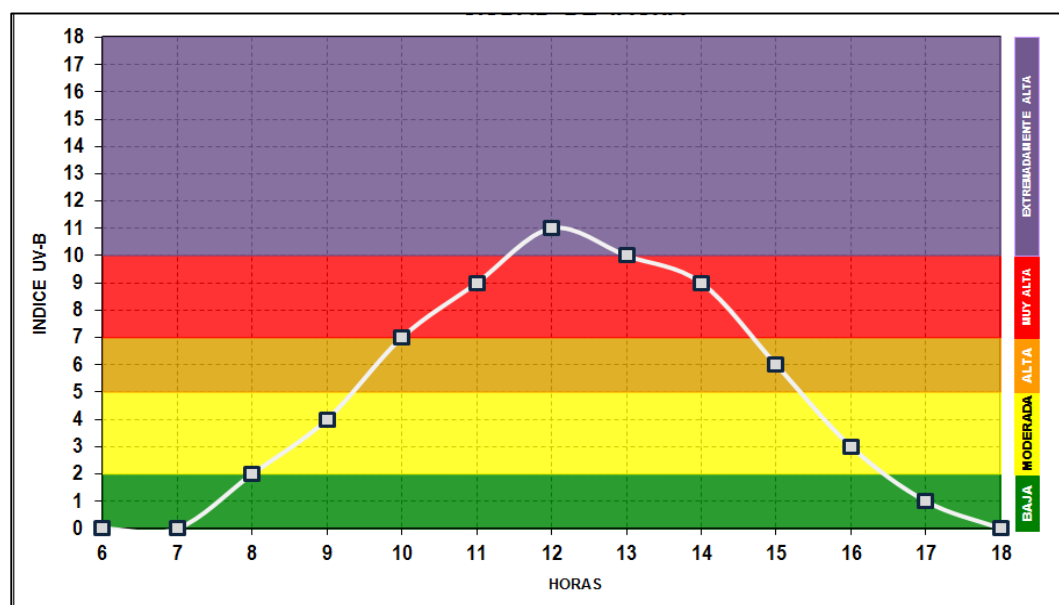


Figura 38: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, enero 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Febrero

En la Figura 39 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 11; 9 a 10; 6 a 7; 3 a 4 y 1 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes febrero, determinándose: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	4	7	9	11	10	9	6	3	1	0

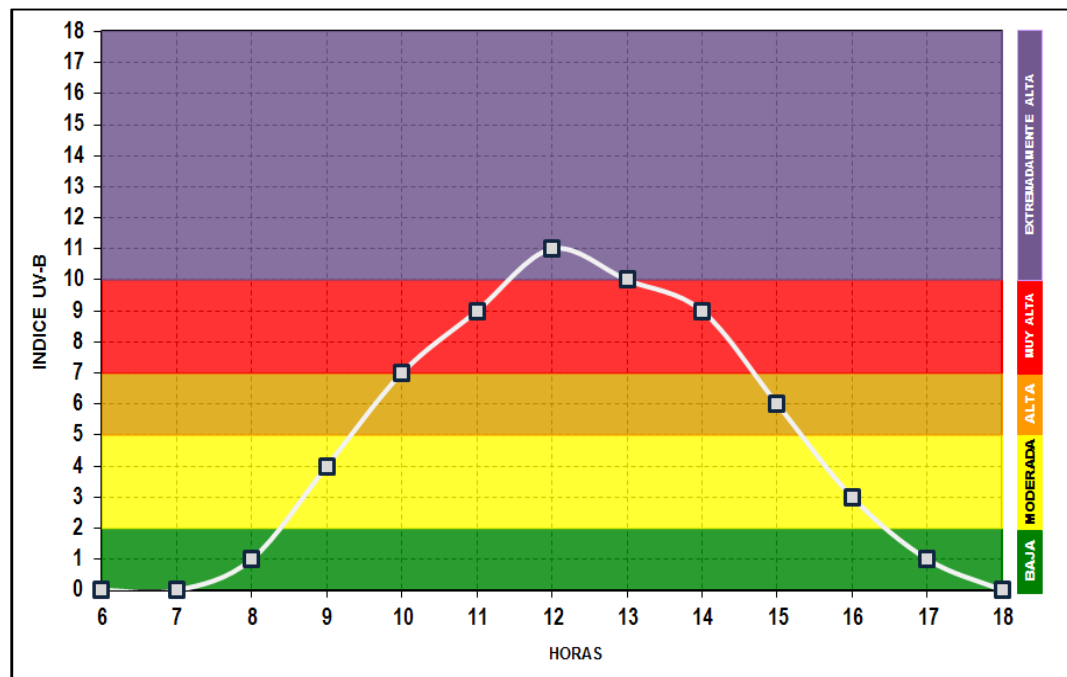


Figura 39: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, febrero 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Marzo

En la Figura 40 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 8 a 9; 7; 3 a 5 y 1 a 2 con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes marzo, determinándose: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	3	5	8	9	9	7	5	2	1	0

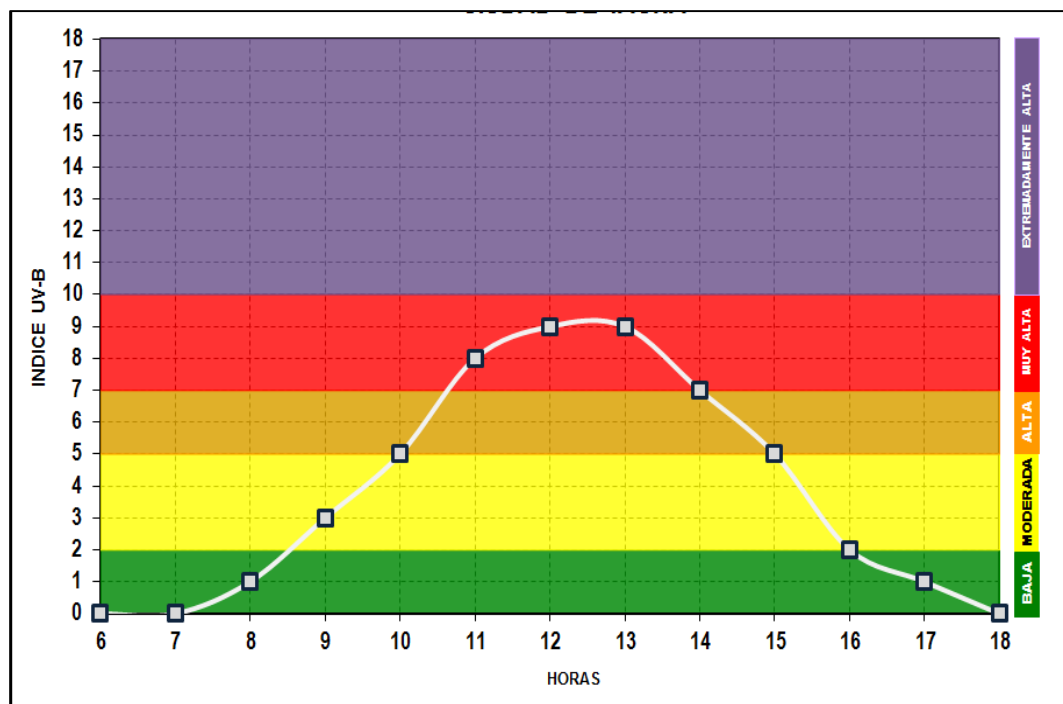


Figura 40: Caracterización del índice de radiación UV-B horario y niveles de riesgo, marzo 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Abril

En la Figura 41 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 6; 3 a 5 y 1 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes abril, se determinaron: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	3	5	6	6	5	3	1	0	0

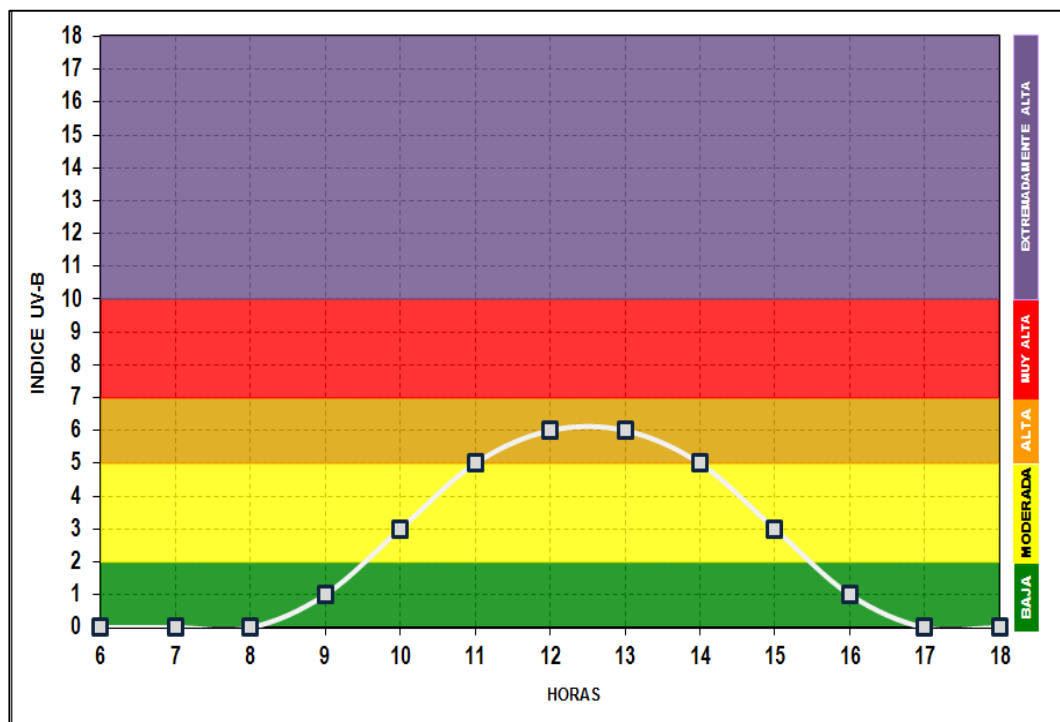


Figura 41: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, abril 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Mayo

En la Figura 42 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 3 a 5 y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes mayo, se determinaron: Moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	3	4	5	5	4	2	1	0	0

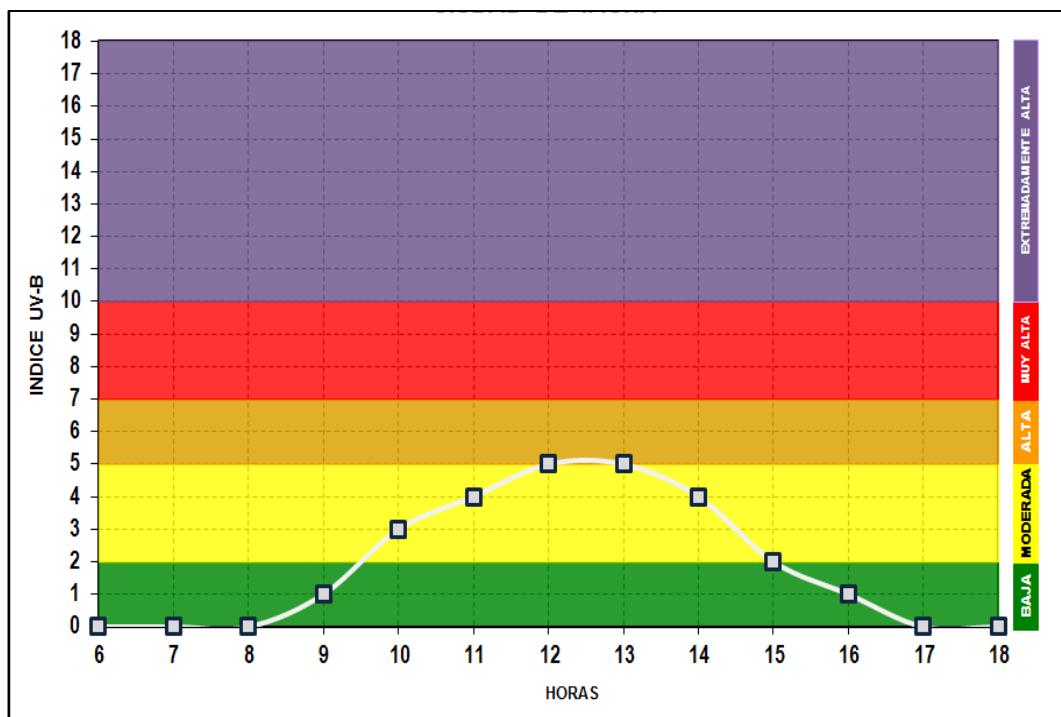


Figura 42: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, mayo 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Junio

En la Figura 43 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores 3 a 4 y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes junio, se determinaron: Moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	2	3	4	4	3	2	1	0	0

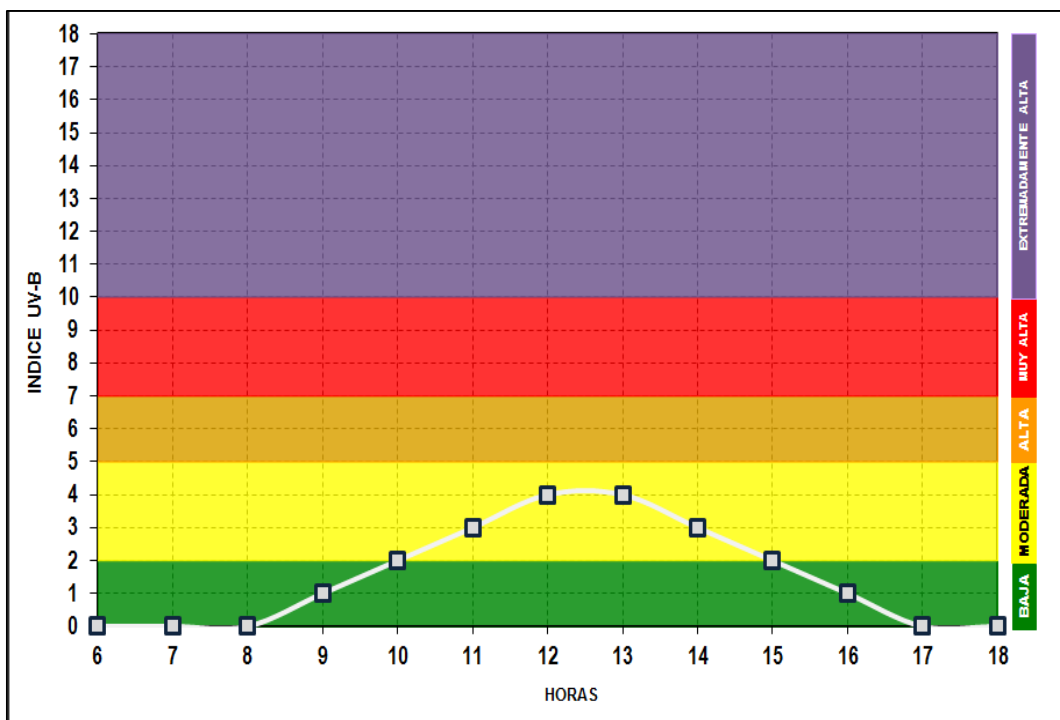


Figura 43: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, junio 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Julio

En la Figura 44 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 4 a 5 y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes julio, se determinaron: Moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	2	4	5	5	4	2	1	0	0

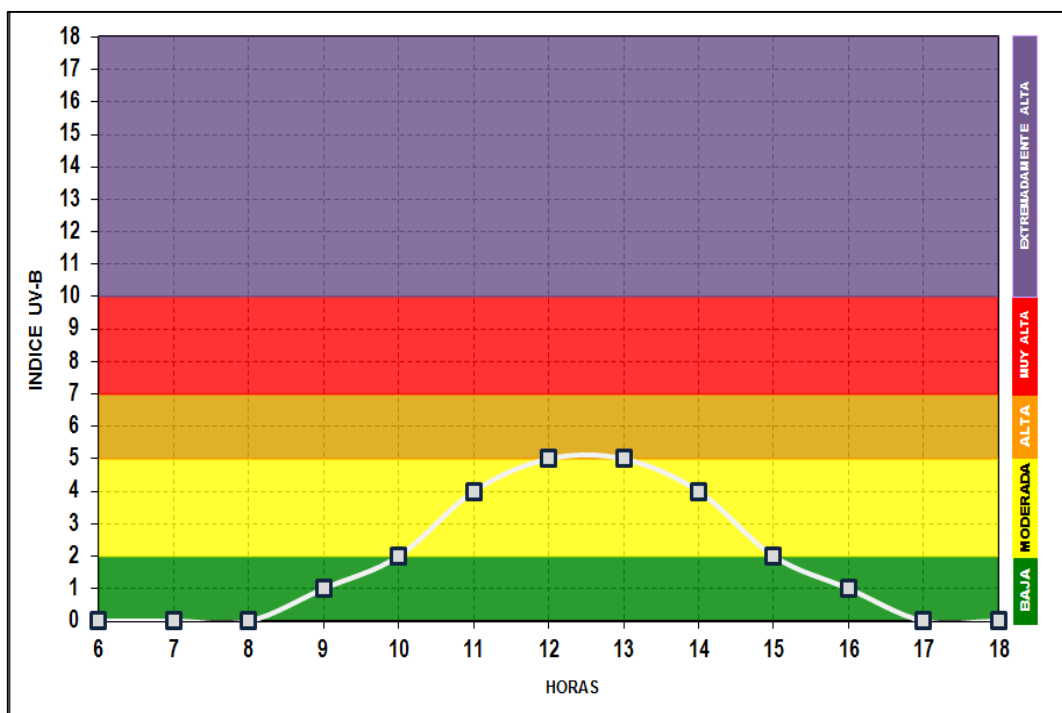


Figura 44: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, julio 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Agosto

En la Figura 45 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 6; 3 a 5 y 1 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes agosto, se determinaron: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	0	1	3	5	6	6	5	3	1	0	0

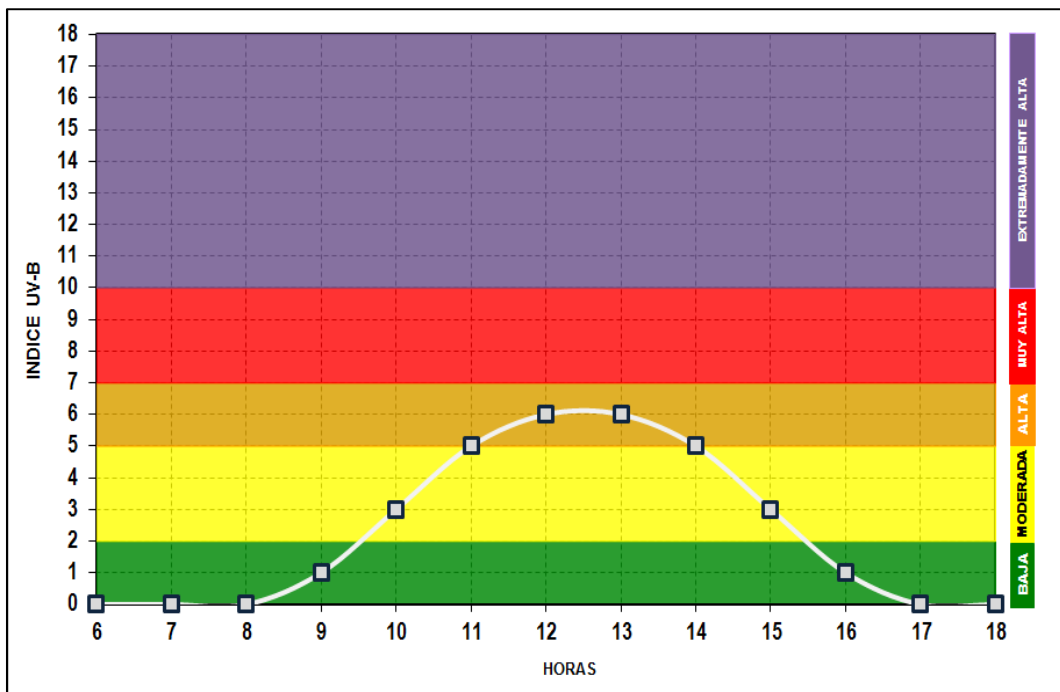


Figura 45: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, agosto 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Setiembre

En la Figura 46 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 7; 3 a 5, y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes setiembre, se determinaron: Alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	2	4	5	7	7	5	3	1	0	0

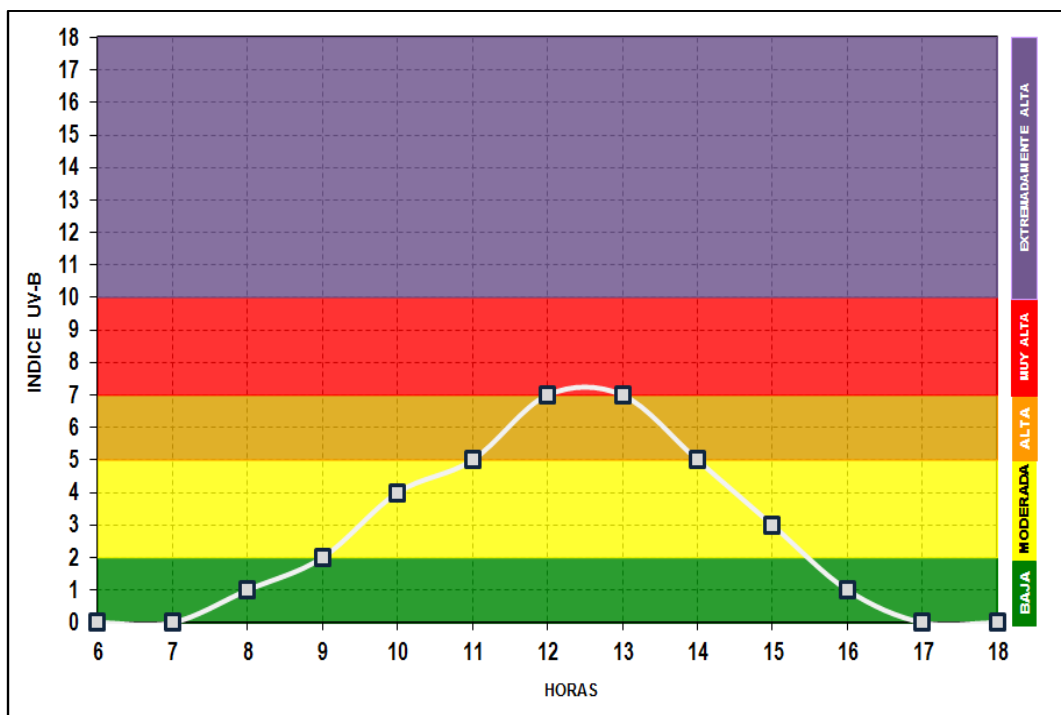


Figura 46: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, setiembre 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Octubre

En la Figura 47 se observa la caracterización de índice de radiación UV-B horaria con valores de 9 a 10; 7; 4 y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes octubre, se determinaron: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	1	4	7	9	10	9	7	4	2	0	0

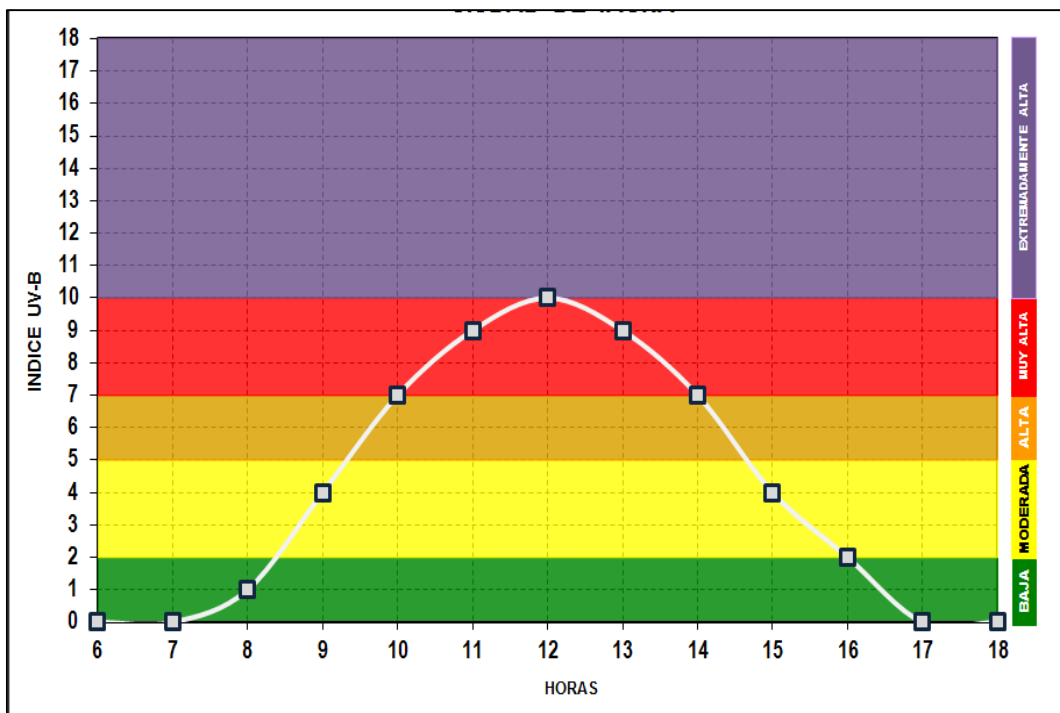


Figura 47: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, octubre 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Noviembre

En la Figura 48 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 8 a 10; 7; 4 a 5 y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes noviembre, se determinaron: Muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	7	9	10	10	8	5	2	1	0

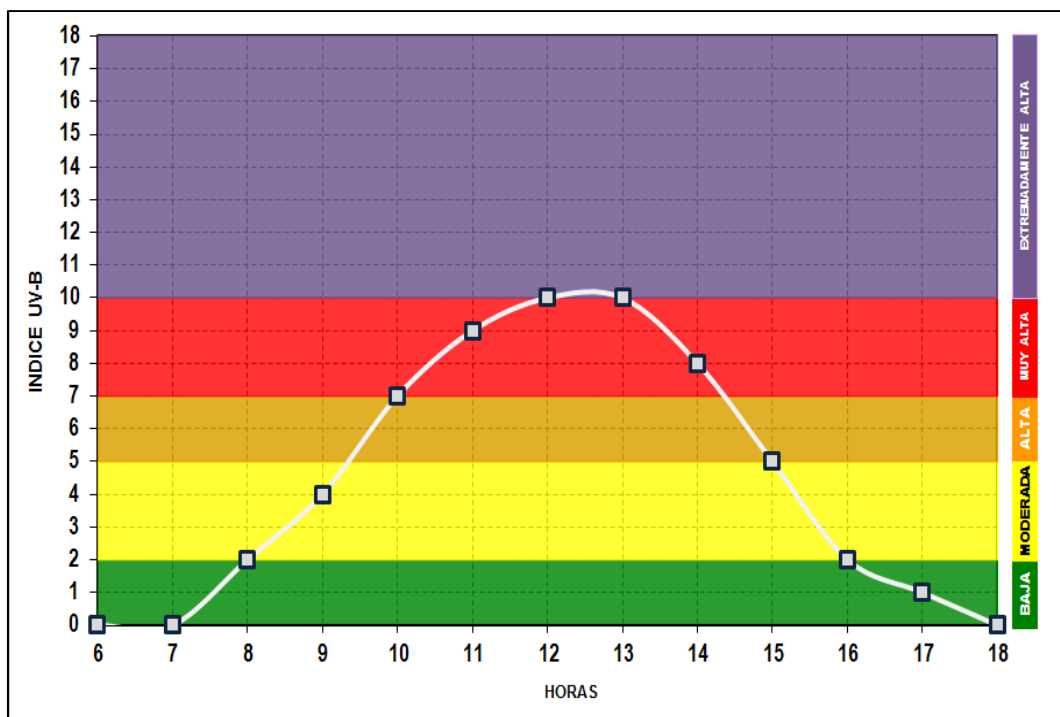


Figura 48: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, noviembre 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Diciembre

En la Figura 49 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B horaria con valores de 11; 8 a 10; 7; 3 a 5 y 1 a 2 cuyos niveles de riesgo de exposición durante el mes diciembre, se determinaron: Extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja respectivamente.

HORA	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
INDICE/ NIVEL	0	0	2	4	7	9	11	10	8	5	3	1	0

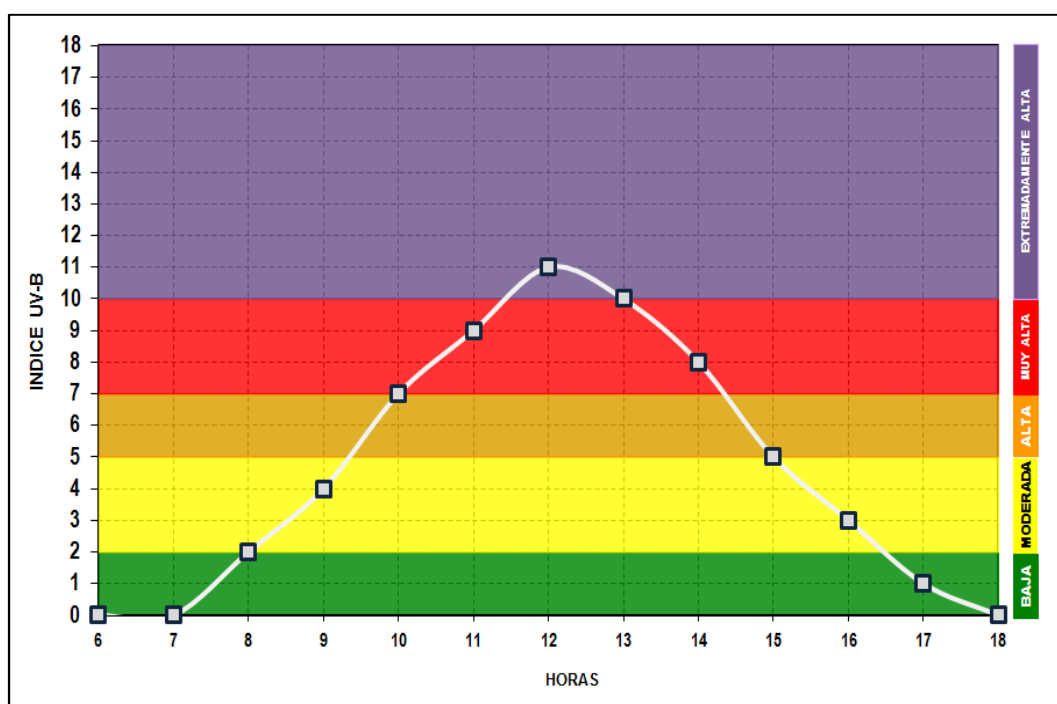


Figura 49: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria y niveles de riesgo, diciembre 2014.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Cuantificación y caracterización de la radiación ultravioleta B horaria a nivel mensual multianual (2012- 2014).

Enero

En la Figura 50 se observa que durante las 12:00 h, se registró el índice de radiación UV de 11 con nivel de riesgo extremadamente alta; de igual forma durante las 11:00 h y 13:00 h a 14:00 h se registraron valores de 9 a 10 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 10:00 h y 15:00 h se registraron índices de radiación UV de 6 a 7 con nivel de riesgo alta; y durante las 09:00 h y 16:00 h se registraron índice de radiación UV de 3 a 4 con nivel de riesgo de moderado.

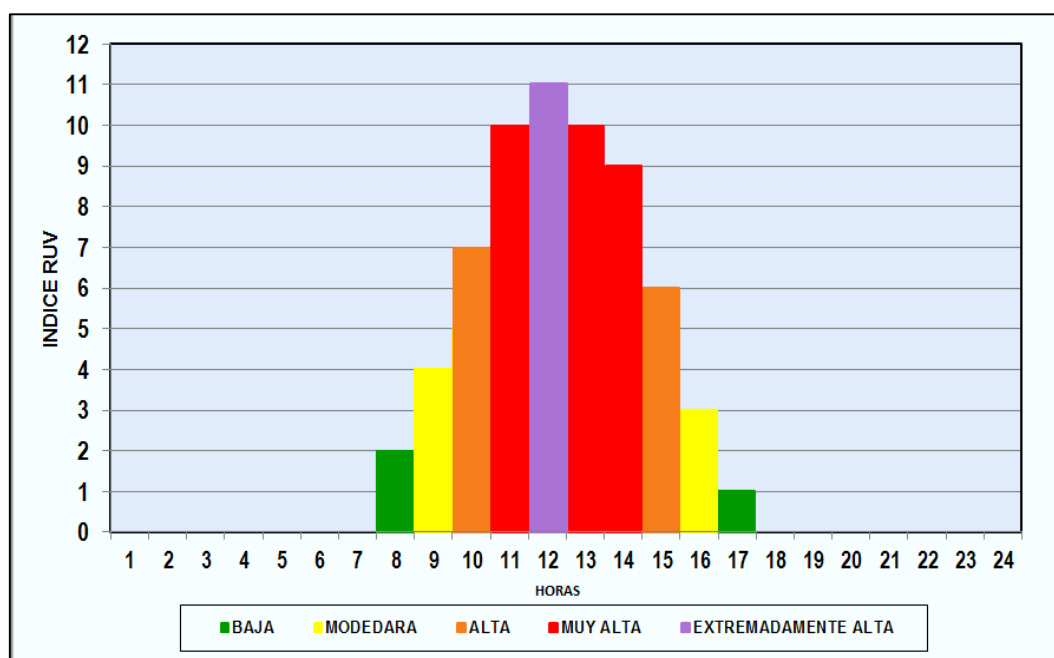


Figura 50: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo enero 2012-2014

Fuente: Elaboración propia.

Febrero

En la Figura 51 se observa que durante las 12:00 h, se registró el índice de radiación UV de 11 con nivel de riesgo extremadamente alta; de igual forma durante las 11:00 h y 13:00 h a 14:00 h se registraron índices de radiación UV de 9 a 10 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 10:00 h y 15:00 h se registraron índices de radiación UV de 6 a 7 con nivel de riesgo alta; durante las 09:00 h y 16:00 h se registraron índices de radiación UV de 3 a 4 con nivel de riesgo moderada, y a las 08:00 h y 17:00h, se registraron índices de 1, con nivel de riesgo baja.

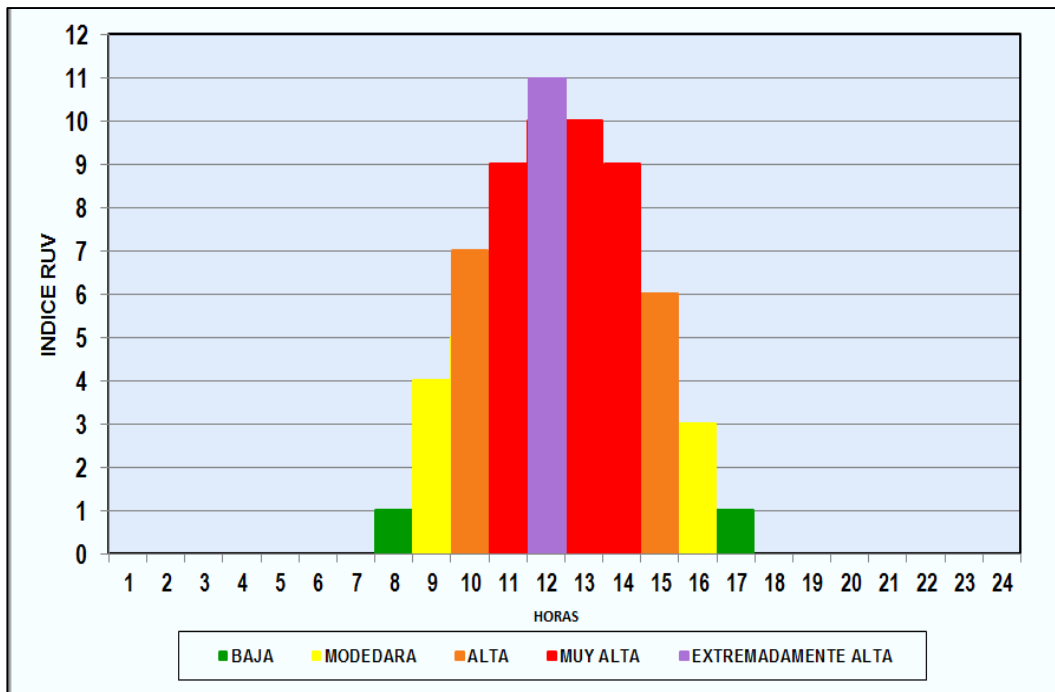


Figura 51: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, febrero 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Marzo

En la Figura 52 se observa que durante las 11:00 a 14:00 h, se registraron índices de radiación UV de 8 a 10 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 09.00 a 10:00 h y 15:00 h se registraron índice de radiación UV de 3 a 5 con nivel de riesgo moderada, y durante las 08:00 h y 16:00 a 17:00h, se registraron índices de 1 a 2, considerado como nivel de riesgo baja.

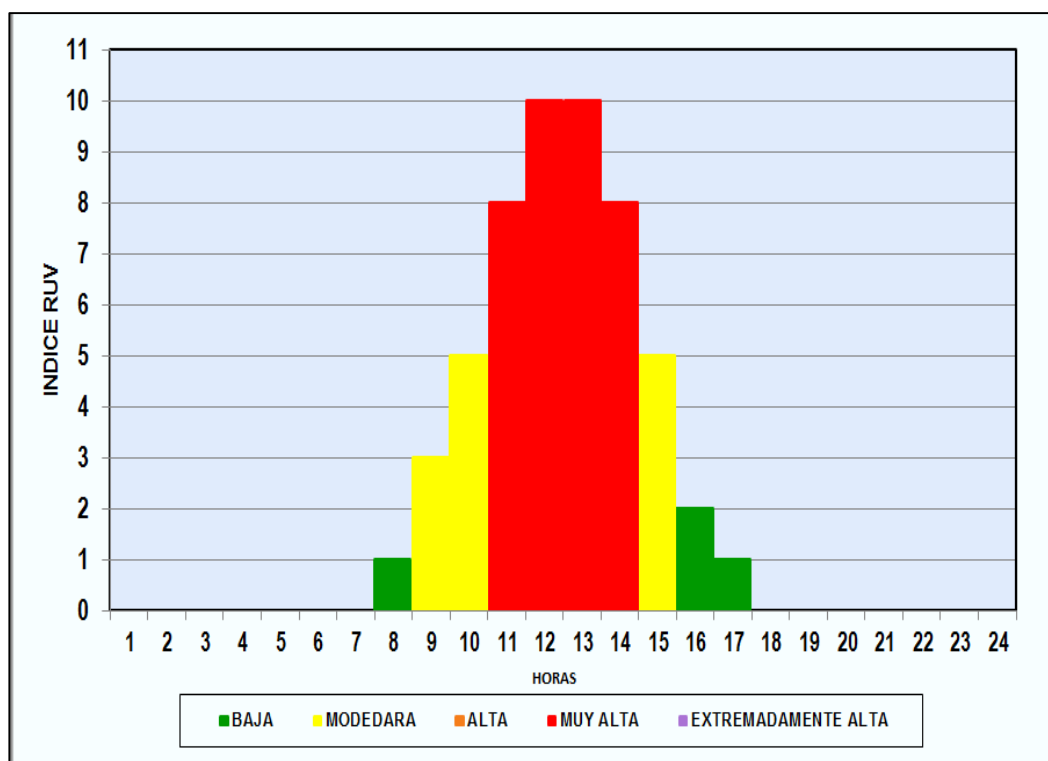


Figura 52: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, marzo 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Abril

En la Figura 53 se observa que durante las 11:00 a 14:00 h, se registraron índices de radiación UV de 8 a 10 con nivel de riesgo alta; asimismo, durante las 10.00 h y 15:00 h se registraron índices de radiación UV de 3 a 4 con nivel de riesgo moderada, y durante las 08:00 a 09:00 h y 16:00h, se registraron índices de radiación 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

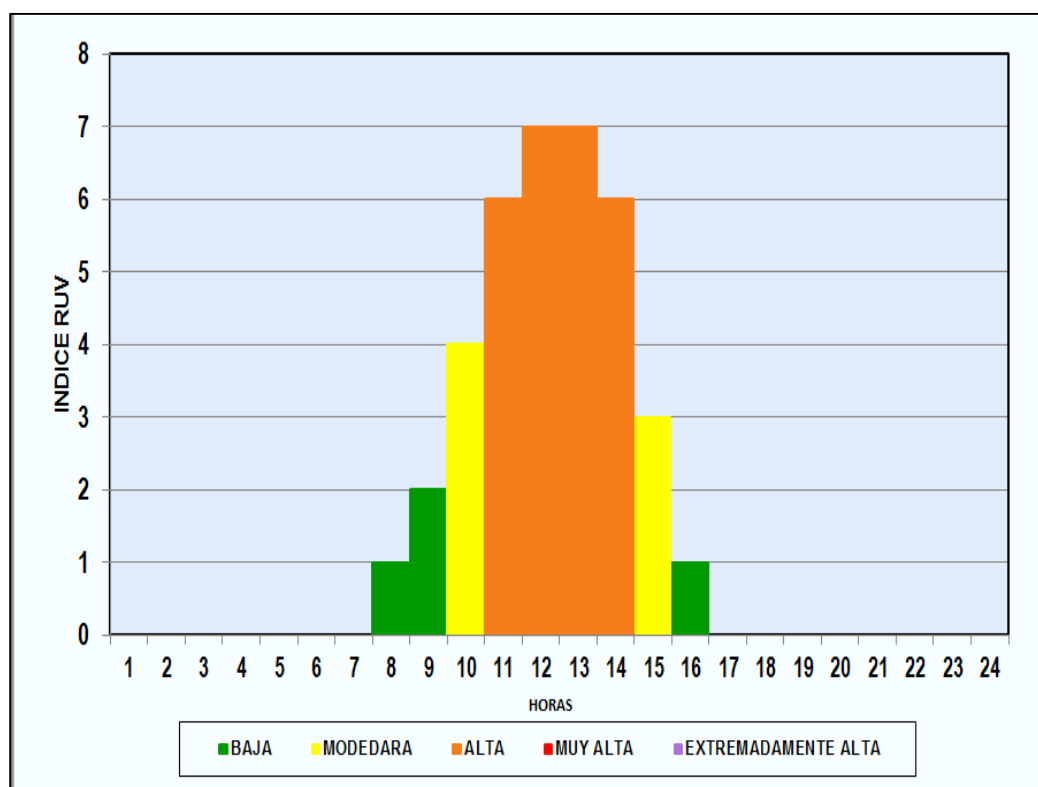


Figura 53: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, abril 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Mayo

En la Figura 54 se observa que durante las 12:00 h, se registró el índice de radiación UV de 6 con nivel de riesgo alta; asimismo, durante las 10:00 a 11:00 h y 14:00 a 15:00 h se registraron índices de radiación UV de 3 a 5 con nivel de riesgo moderada, y durante las 09:00 h y 15:00 h a 16:00 h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

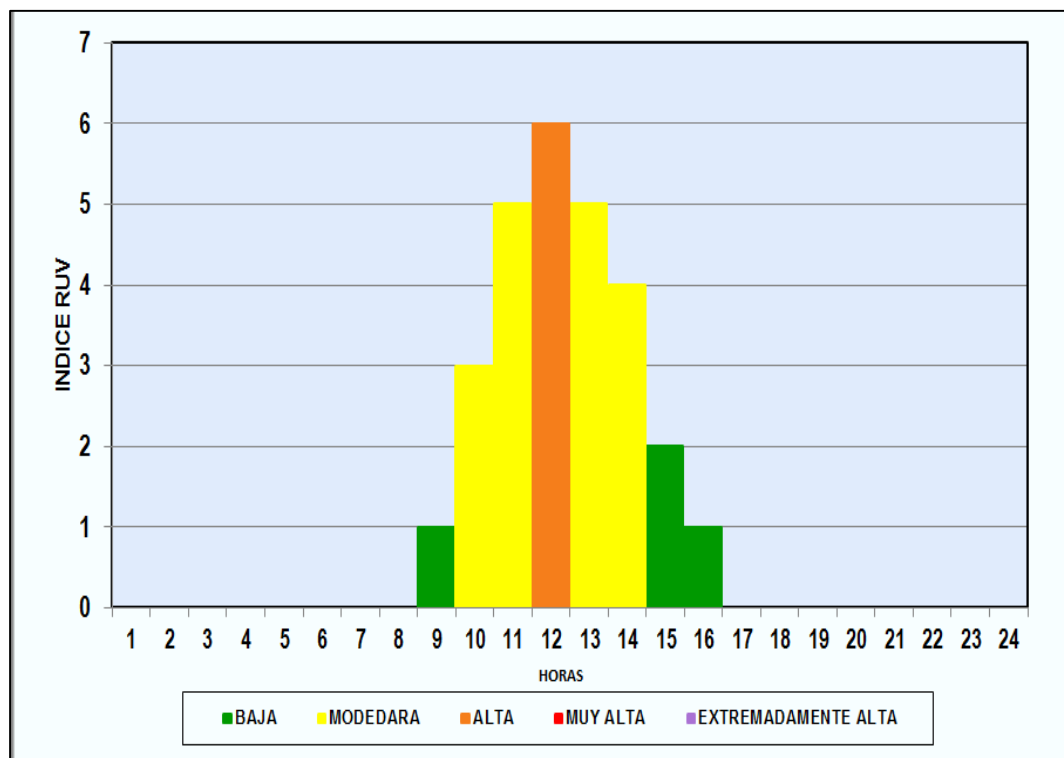


Figura 54: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, mayo.

Fuente: Elaboración propia.

Junio

En la Figura 55 se observa que durante las 11:00 a 14:00 h, se registraron índices de radiación UV de 3 a 5 con nivel de riesgo moderada, y durante las 09:00 a 10:00 h y 15:00 a 16:00 h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

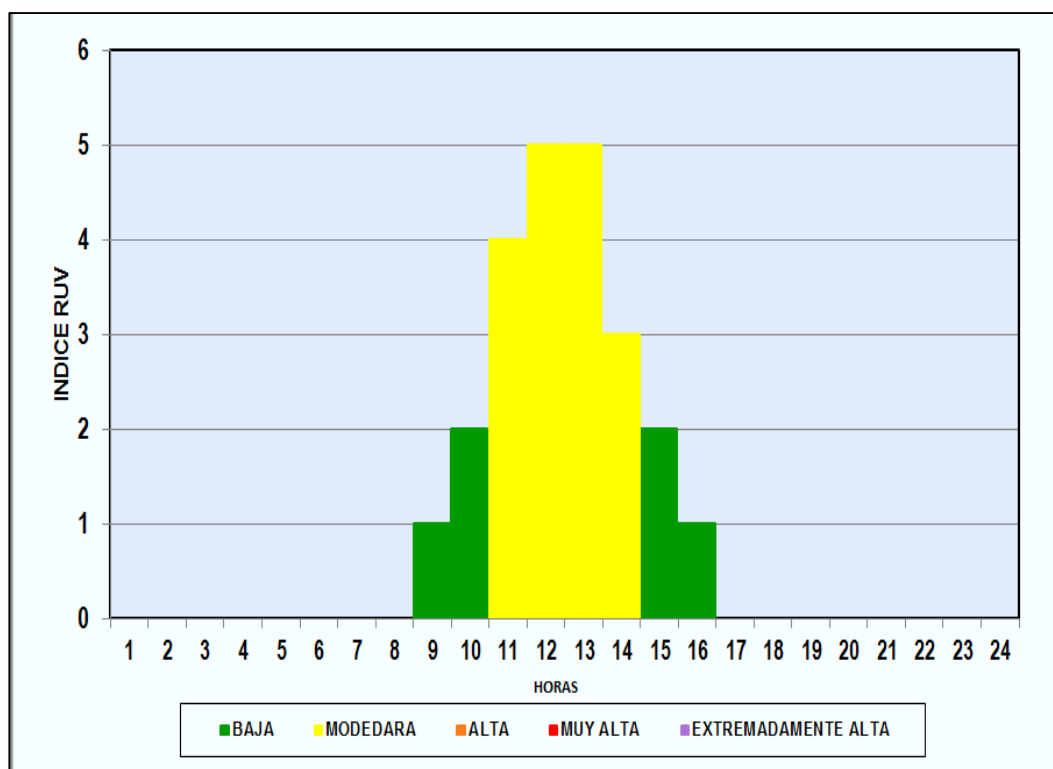


Figura 55: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, junio 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Julio

En la Figura 56 se observa que durante las 11:00 a 14:00 h, se registró índice de radiación UV de 4 a 5 con nivel de riesgo moderada, y durante las 09:00 a 10.00 h y 15:00 a 16:00h, se registra índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

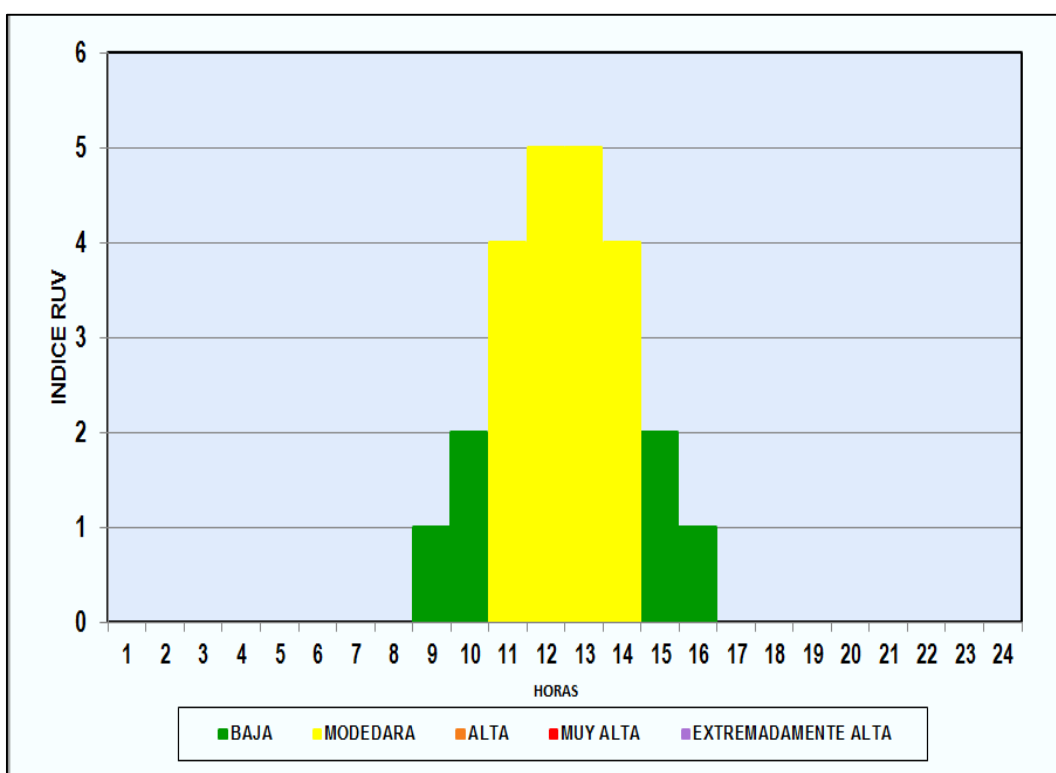


Figura 56: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, julio 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Agosto

En la Figura 57 se observa que durante las 12:00 a 13:00 h, se registró el índice de radiación UV de 6 con nivel de riesgo alta; asimismo, durante las 10:00 h a 11:00 h y 14:00 h a 15:00 h se registraron índices de radiación UV de 3 a 5 con nivel de riesgo moderada y durante las 09:00 h y 16:00 h, se registró índices de 1, con nivel de riesgo baja.

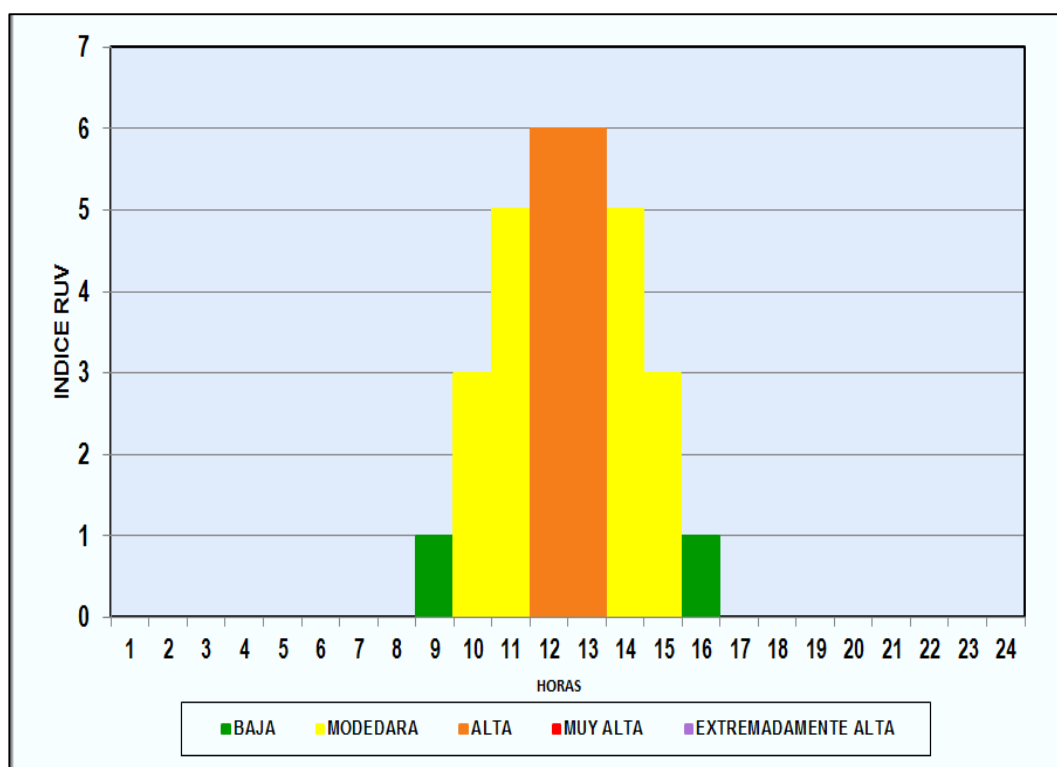


Figura 57: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, agosto 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Setiembre

En la Figura 58, se observa que durante las 12:00 h, se registró un índice de radiación UV de 8 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 11:00 h y 13:00 h se registraron índices de radiación UV de 6 a 7 con nivel de riesgo alta; durante las 10:00 h y 14:00 a 15:00 h se registra índice de radiación UV de 3 a 5 con nivel de riesgo de moderado, y durante las 08:00 a 09:00 h y 16:00h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

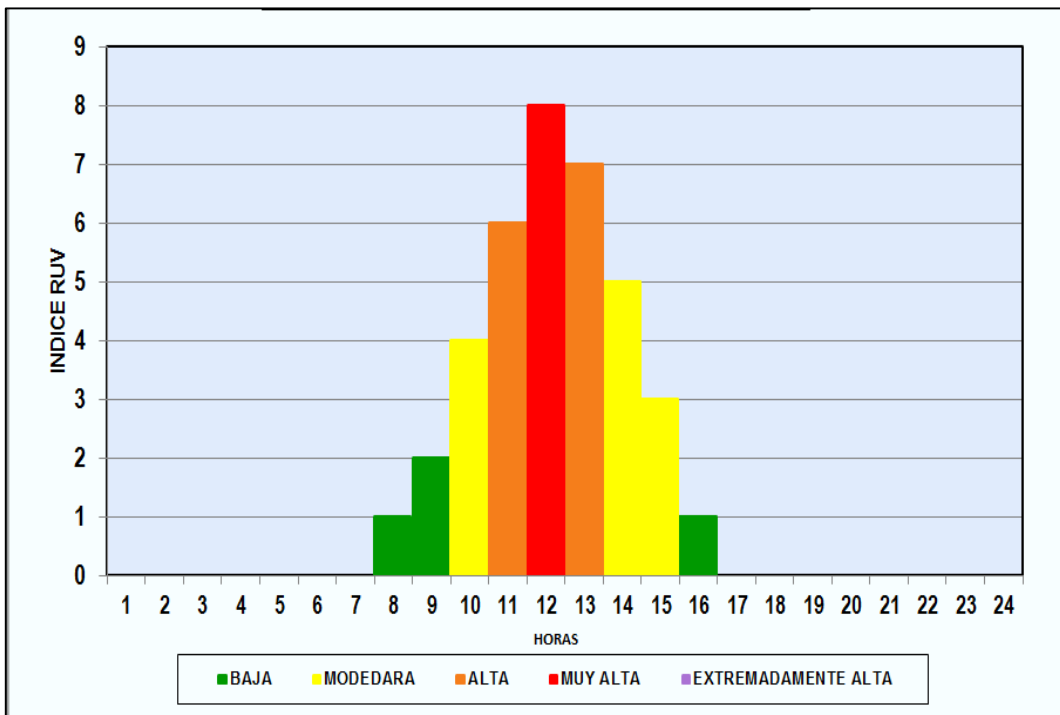


Figura 58: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, setiembre 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Octubre

En la Figura 59 se observa que durante las 11:00 a 13:00 h, se registró índice de radiación UV de 9 a 10 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 10:00 h y 14:00 h se registró índice de radiación UV de 7 con nivel de riesgo alta; durante las 09:00 h y 15:00 h se registró índice de radiación UV de 4 con nivel de riesgo moderada, y durante las 08:00 h y 16:00 h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

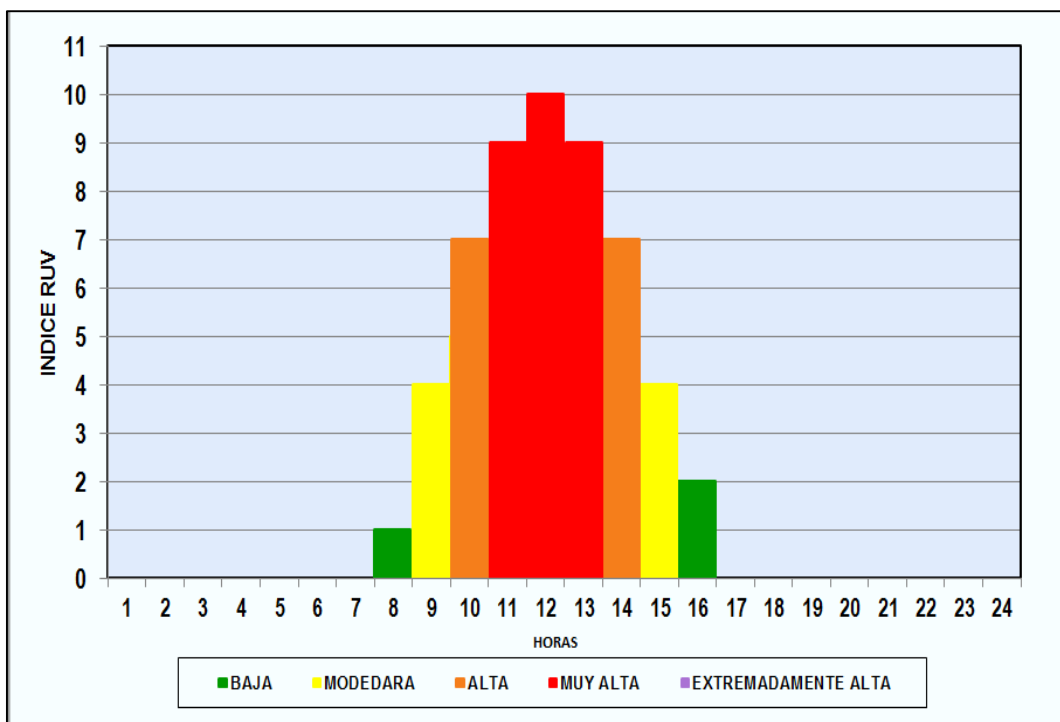


Figura 59: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, octubre 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Noviembre

En la Figura 60 se observa que durante las 11:00 h a 14:00 h, se registró índice de radiación UV de 8 a 10 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 10:00 h se registró índice de radiación UV de 7 con nivel de riesgo alta; durante las 09:00 h y 15:00 h se registró índice de radiación UV de 4 a 5 con nivel de riesgo de moderada, y durante las 08:00 h y 16:00 h a 17:00 h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

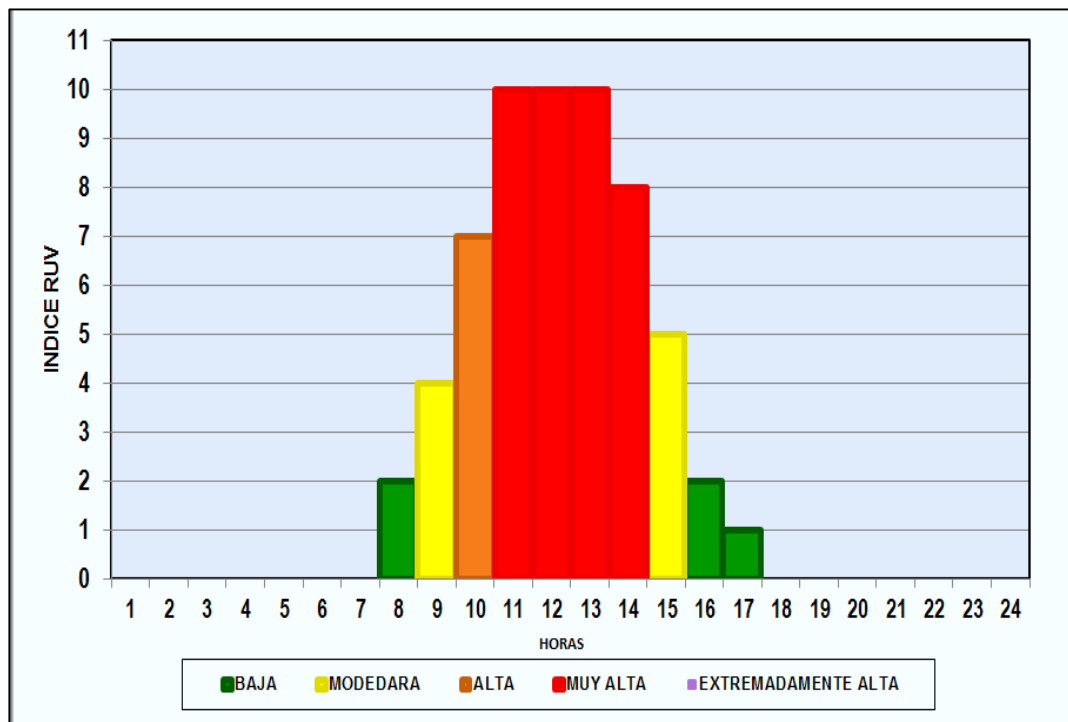


Figura 60: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, noviembre 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

Diciembre

En la Figura 61 se observa que durante 11:00 h a 14:00 h, se registró índice de radiación UV de 8 a 10 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 10:00 h se registró índice de radiación UV de 7 con nivel de riesgo alta; durante las 09:00 h y 15:00 h a 16:00 h se registró índice de radiación UV de 3 a 5 con nivel de riesgo de moderada, y durante las 07:00 h a 08:00 h y 17:00 h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

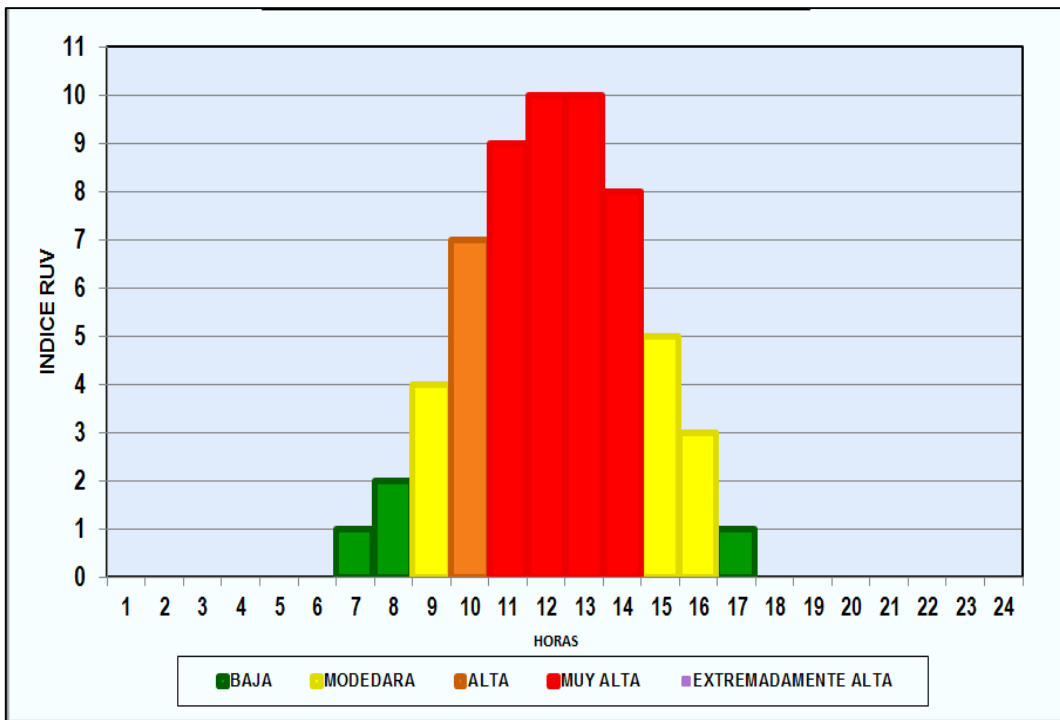


Figura 61: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y niveles de riesgo, diciembre 2012-2014.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Cuantificación y Caracterización de la radiación UV-B horaria a nivel multianual (2012- 2014).

En la Figura 62 se observa que durante las 11:00 h a 13:00 h, se registró índice de radiación UV de 7 a 8 con nivel de riesgo muy alta; asimismo, durante las 10:00 h y 14:00 h, se registró índice de radiación UV de 5 a 6 con nivel de riesgo alta; durante las 09:00 h y 15:00 h se registró índice de radiación UV de 3 a 4 con nivel de riesgo de moderada, y durante las 07:00 a 08:00 h y 17:00 h, se registraron índices de 1 a 2, con nivel de riesgo baja.

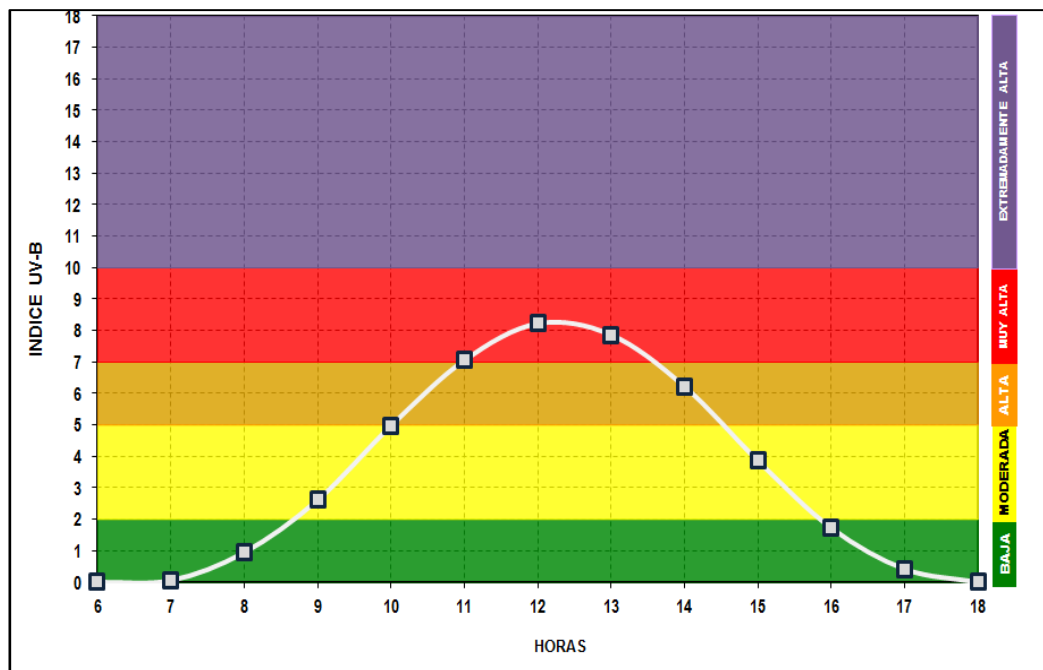


Figura 62: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria multianual y Niveles de Riesgo.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Cuantificación y caracterización de la radiación UV-B horaria a nivel estacional multianual (2012- 2014)

En la Figura 63 se observa que en las estaciones de primavera y verano durante las 09:00 h a 15:00 h, se registraron índices de radiación con valores de 6 a 11 con nivel de riesgo alta, muy alta y extremadamente alta, mientras que en las estaciones de invierno y otoño durante las 11:00 h a 14:00 h, se registraron índices de radiación de 5 a 7 con nivel de riesgo moderada y alta.

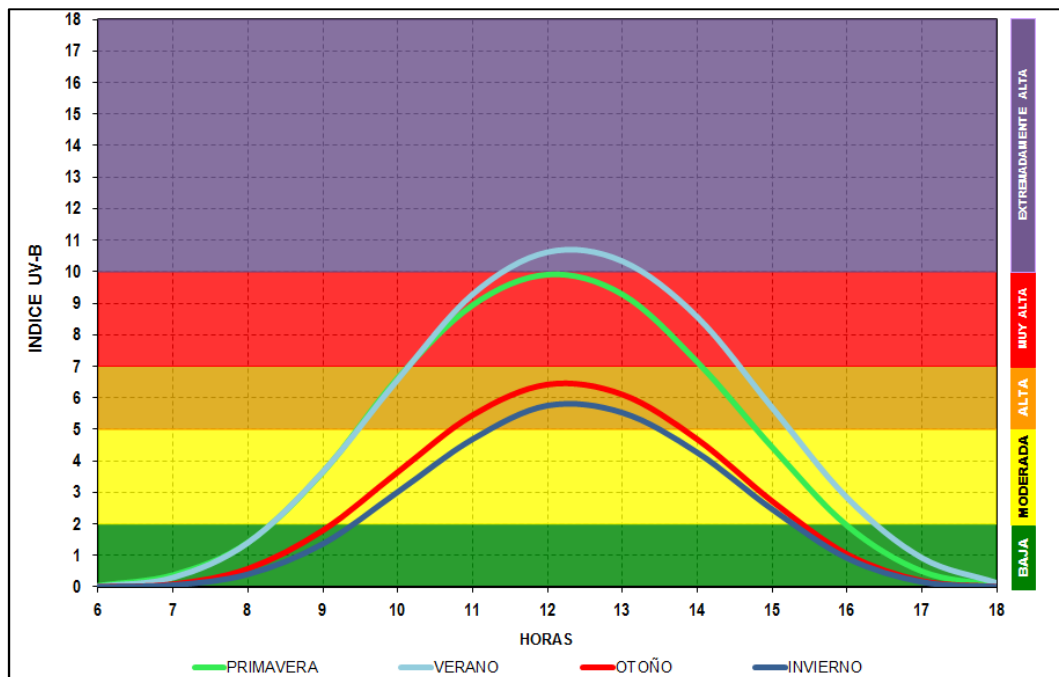


Figura 63: Caracterización del índice de radiación UV-B horaria a nivel estacional, multianual y Niveles de Riesgo.

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Cuantificación y caracterización de la radiación UV-B máxima media diaria a nivel multianual (2012 – 2014)

Enero

En la Figura 64 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria a nivel multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes enero, se registraron índices que varían de 10 a 12, con niveles de riesgo: nivel de riesgo muy alta y extremadamente alta respectivamente.

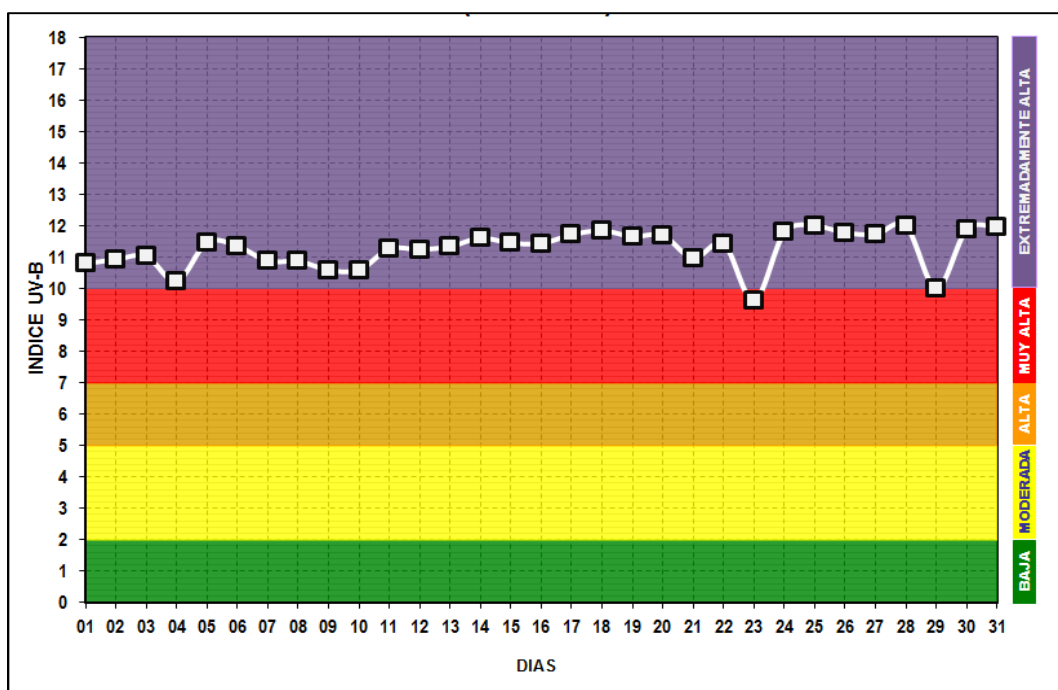


Figura 64: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de enero (2012-2014)

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 65 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante el mes de enero, se tiene que el 90 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta y un 10 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

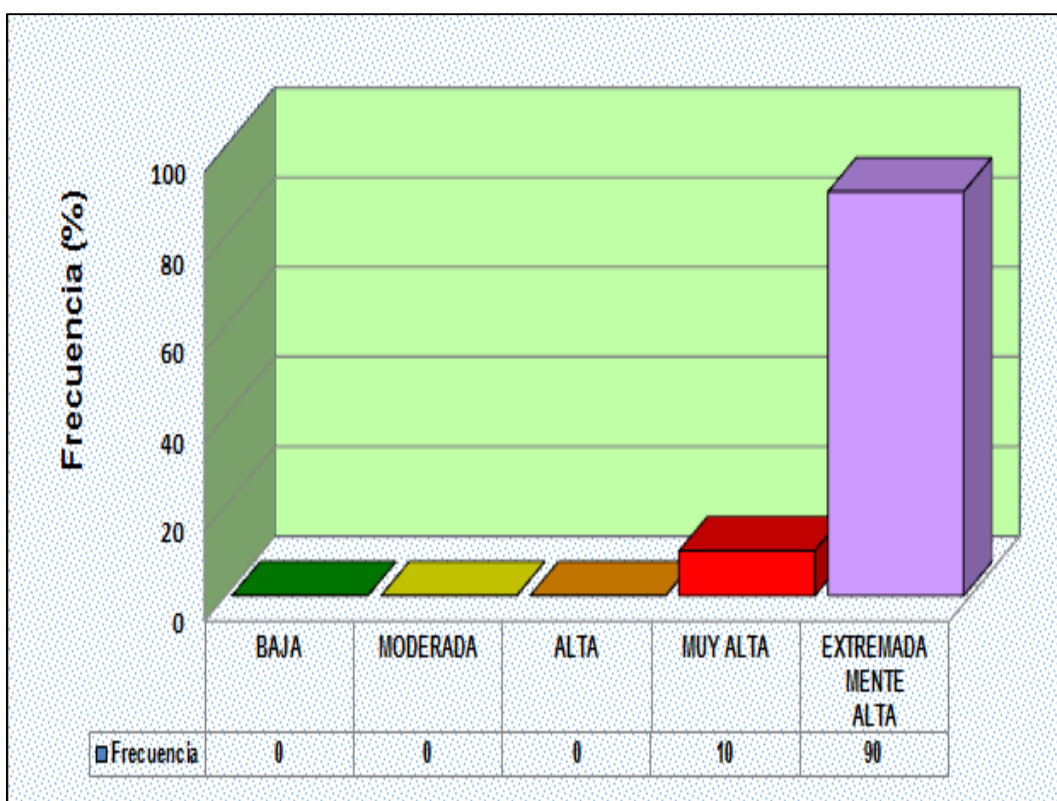


Figura 65: Frecuencia relativa de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de enero (2012-2014).
Fuente: Elaboración propia.

Febrero

En la Figura 66 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máximo media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes febrero, se registraron índices que varían de 10 a 12, con niveles de riesgo: nivel de riesgo muy alta y extremadamente alta respectivamente.

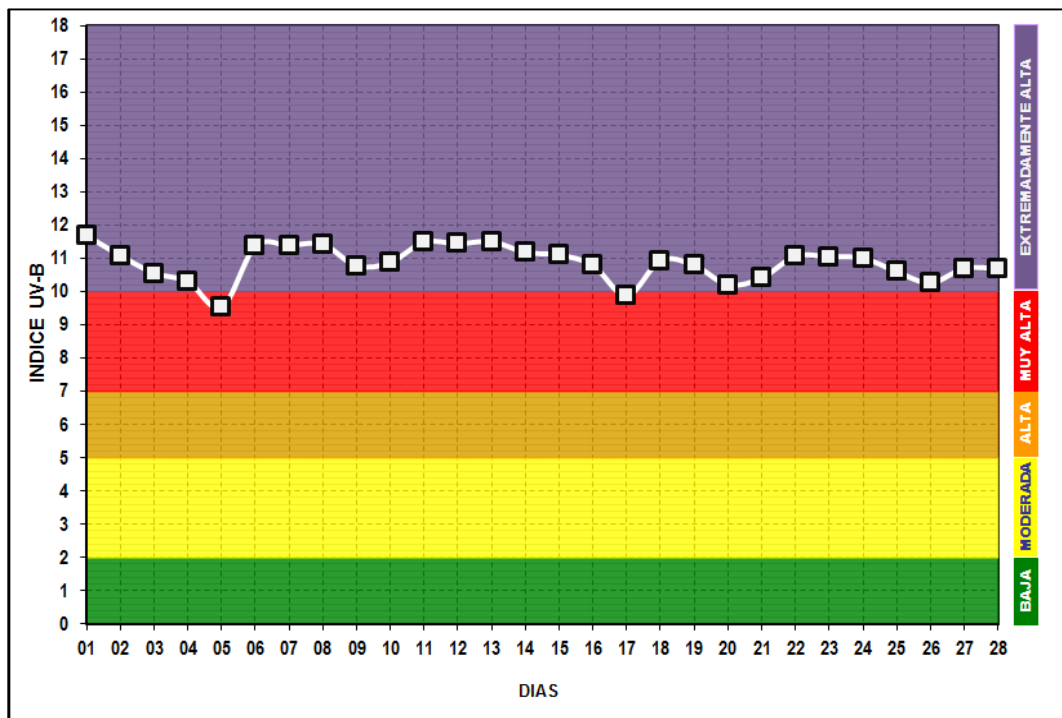


Figura 66: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diario multianual mes de febrero (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 67 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de febrero, se tiene que el 79 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta y un 21 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

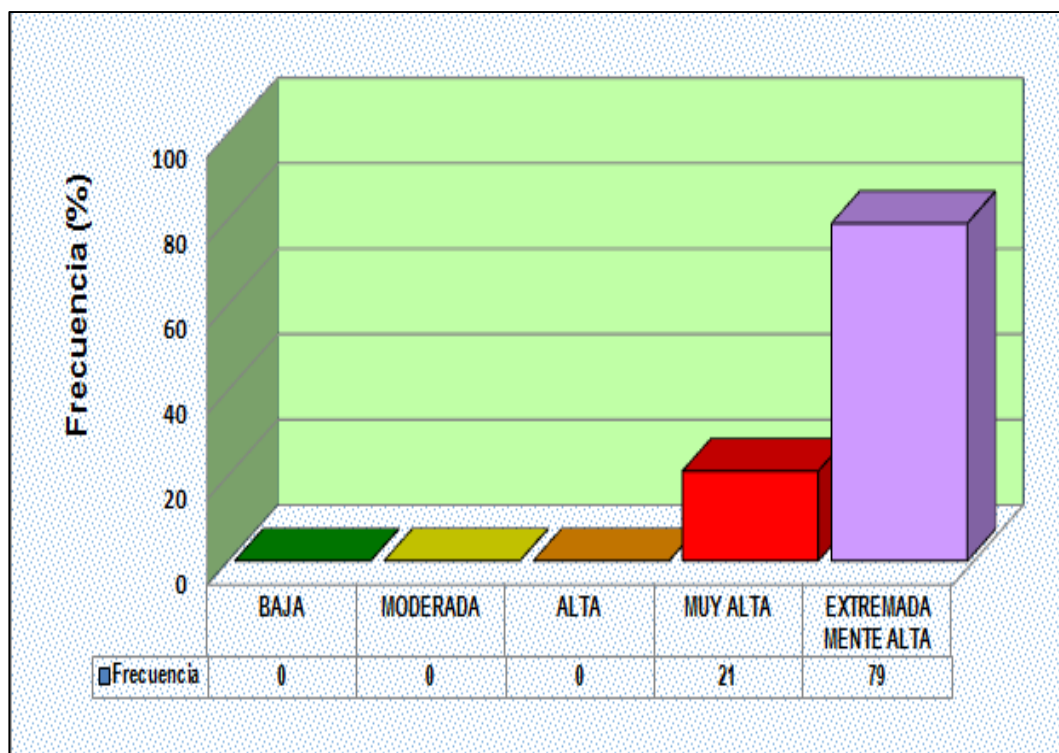


Figura 67: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes febrero (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Marzo

En la Figura 68 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes marzo, se observa el registro de índices que varían de 9 a 11, con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta.

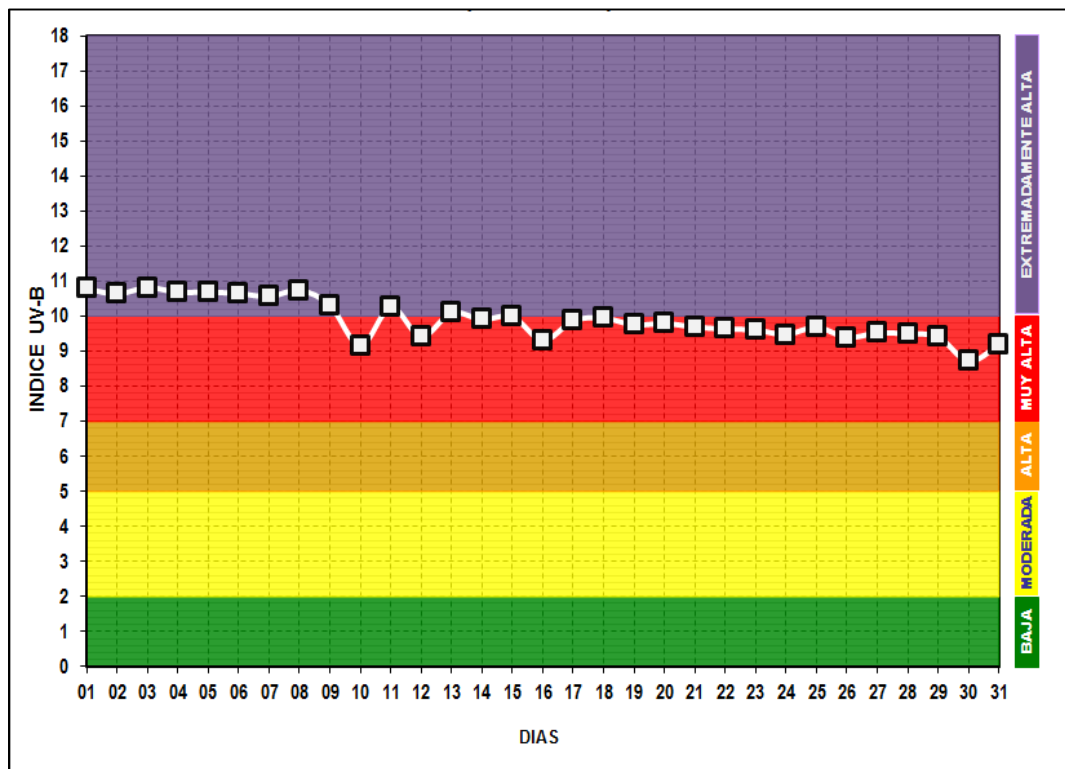


Figura 68: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de marzo (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 69 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de marzo, se tiene que el 74 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta y un 26 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta.

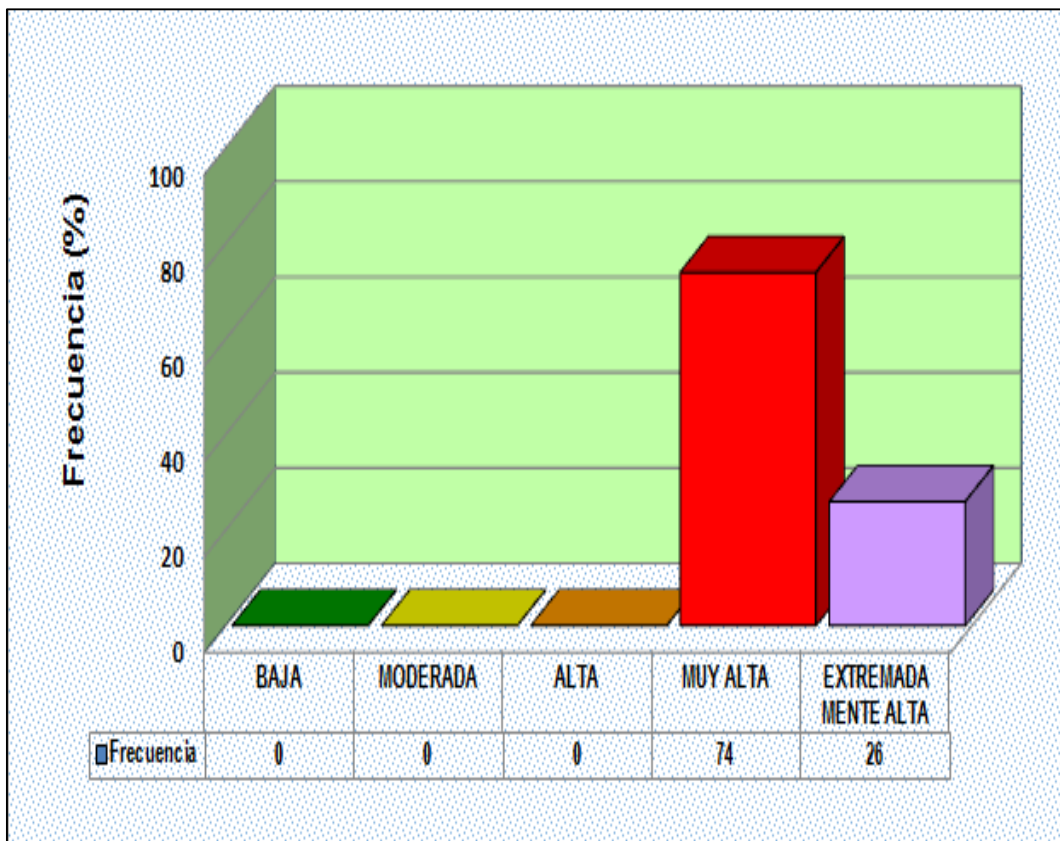


Figura 69: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes marzo (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Abril

En la Figura 70 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máximo media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes abril, se observa el registro de índices que varían de 6 a 9, con niveles de riesgo alta y muy alta.

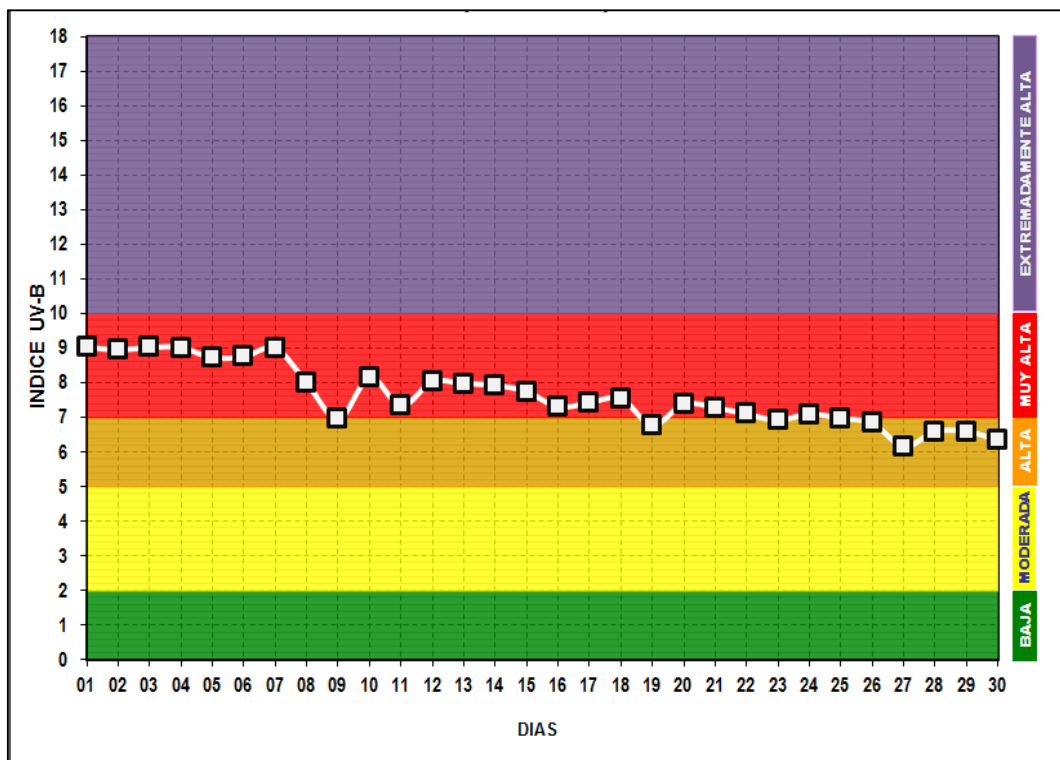


Figura 70: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de abril (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 71 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de abril, se tiene que el 53 % del periodo registro un nivel de riesgo alta y un 47 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

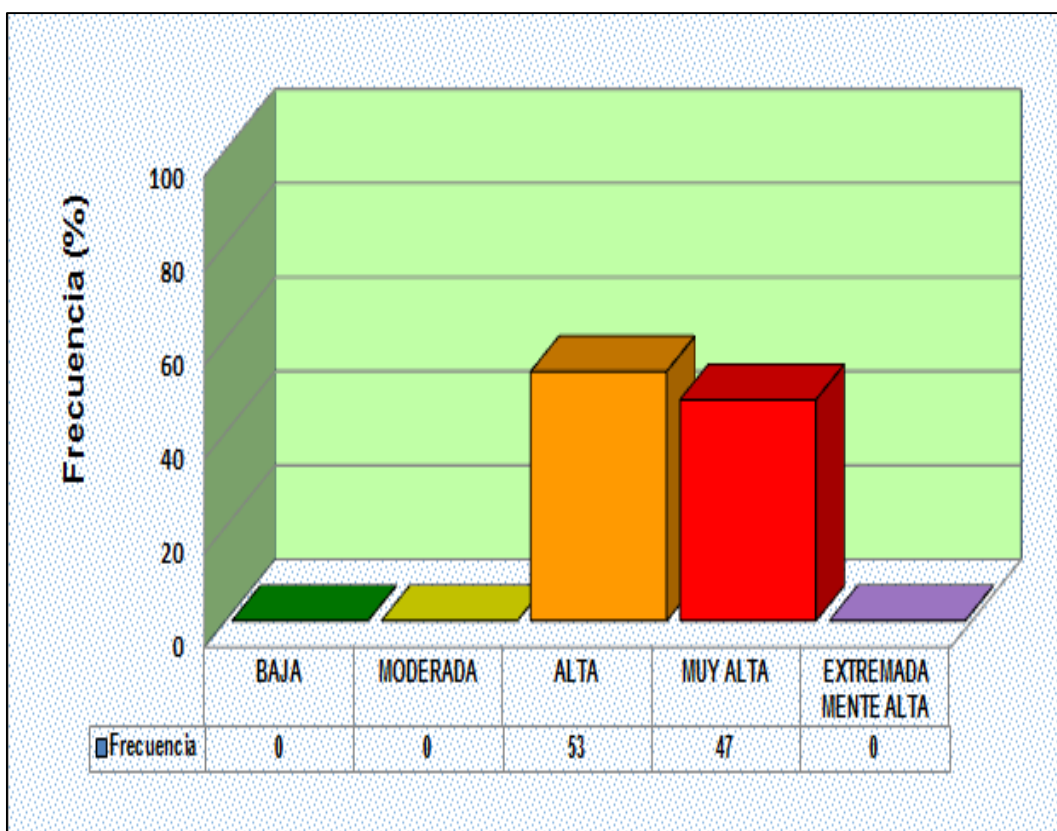


Figura 71: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes abril (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Mayo

En la Figura 72 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máximo media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes mayo, se observa el registro de índices que varían de 4 a 7 con niveles de riesgo moderada y alta respectivamente.

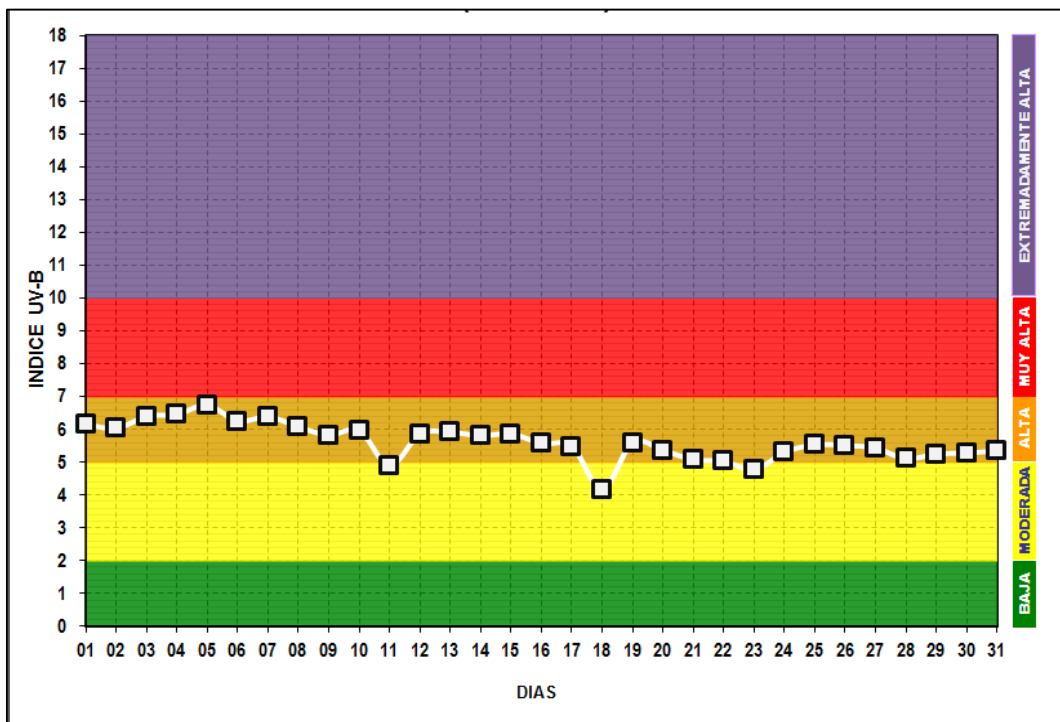


Figura 72: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de mayo (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 73 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de mayo, se tiene que el 58 % del periodo registro un nivel de riesgo alta y un 42 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

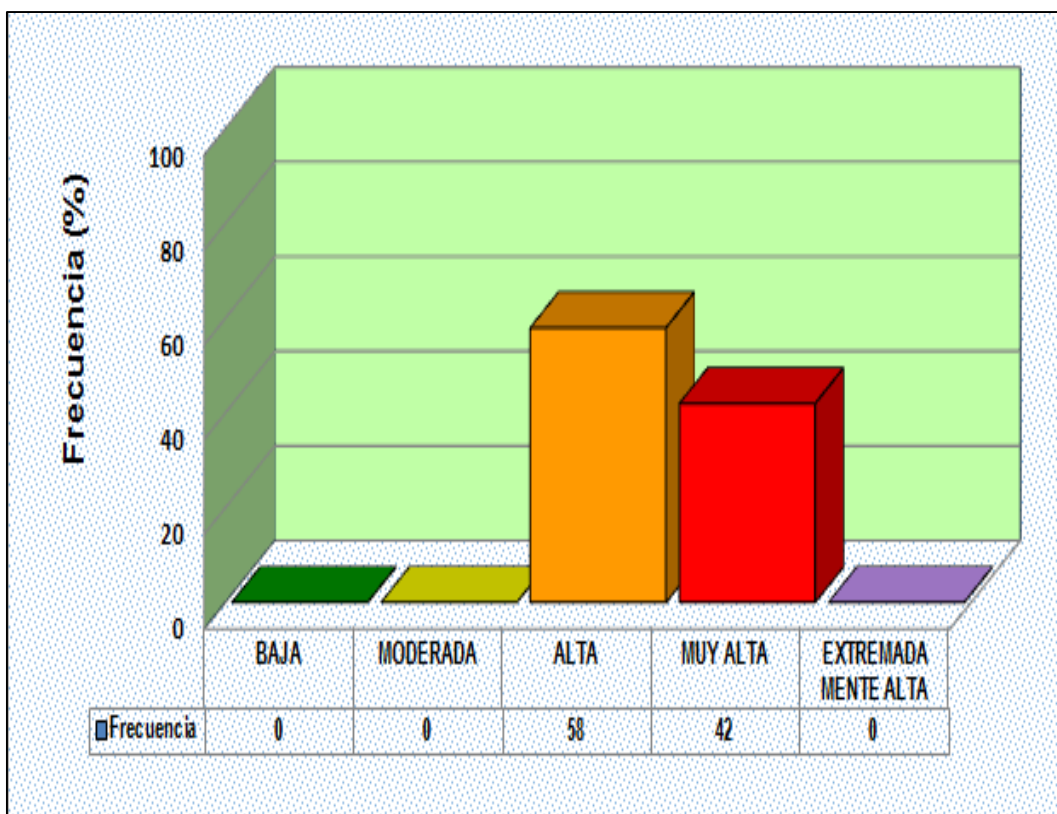


Figura 73: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes mayo (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Junio

En la Figura 74 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes junio, se observa el registro de índices que varían de 3 a 5, con niveles de riesgo moderada.

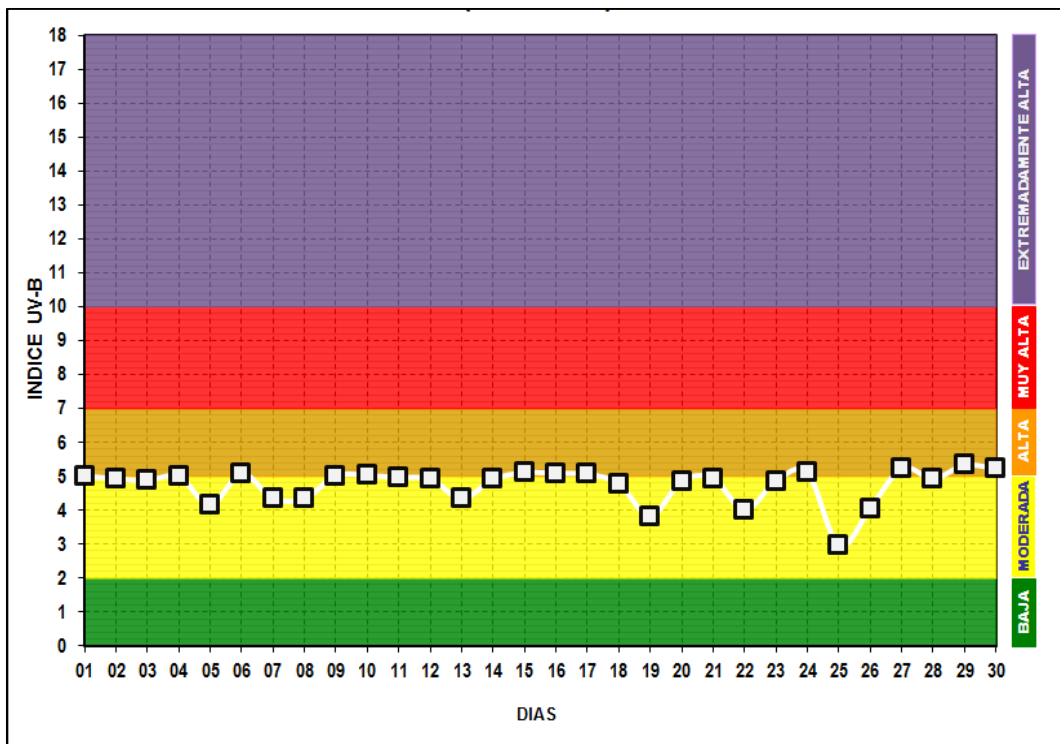


Figura 74: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de junio (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 75 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de junio, se tiene que el 100 % del periodo registro un nivel de riesgo moderada.

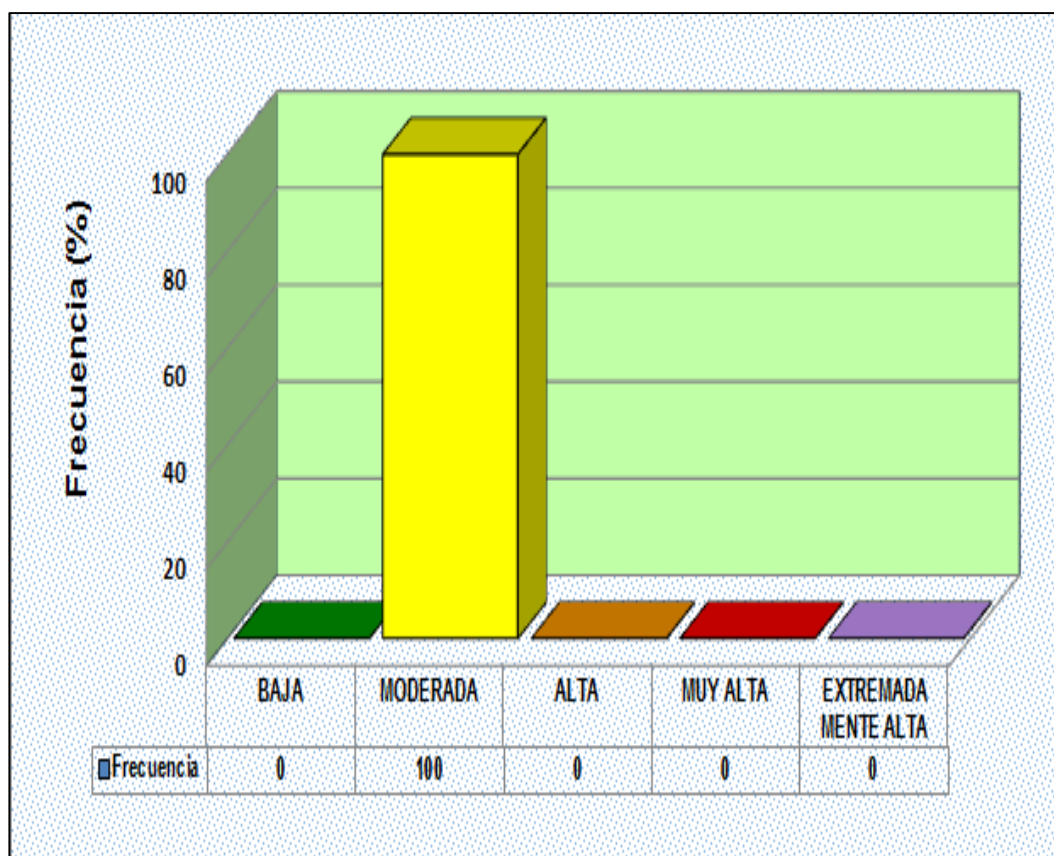


Figura 75: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes junio (2012-2014)
Fuente: Elaboración propia

Julio

En la Figura 76 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máximo media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes julio, se observa el registro de índices que varían de 4 a 6, con niveles de riesgo moderada y alta.

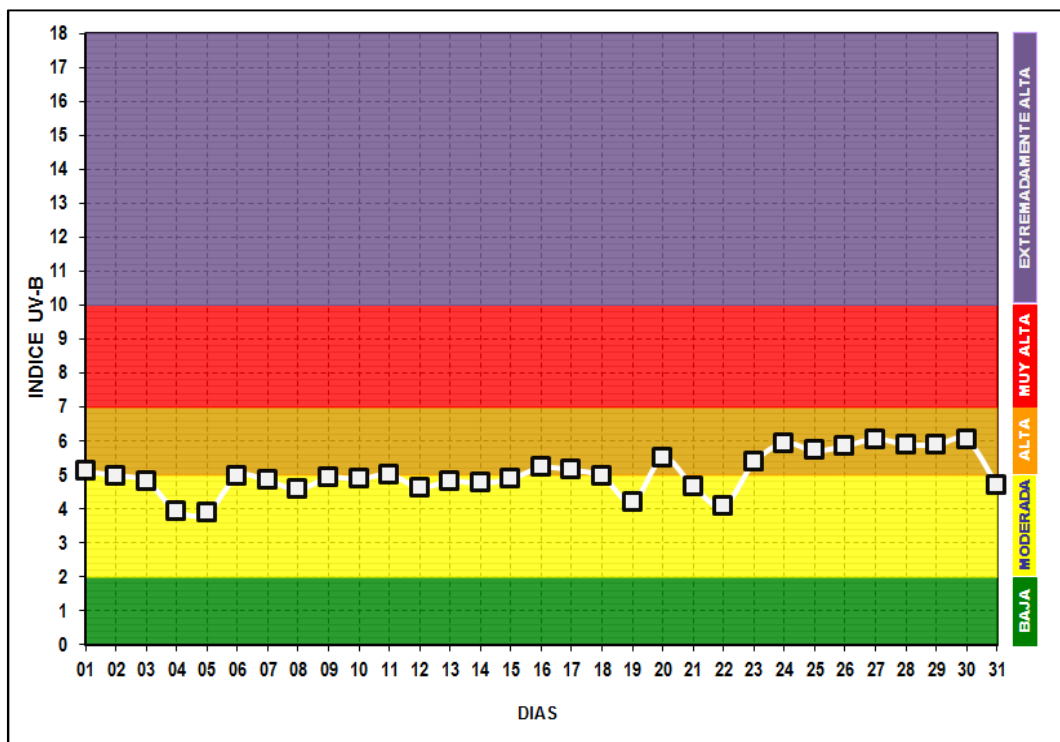


Figura 76: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de julio (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 77 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de julio, se tiene que el 74 % del periodo registra un nivel de riesgo moderada y un 26 % del periodo registra un nivel de riesgo alta.

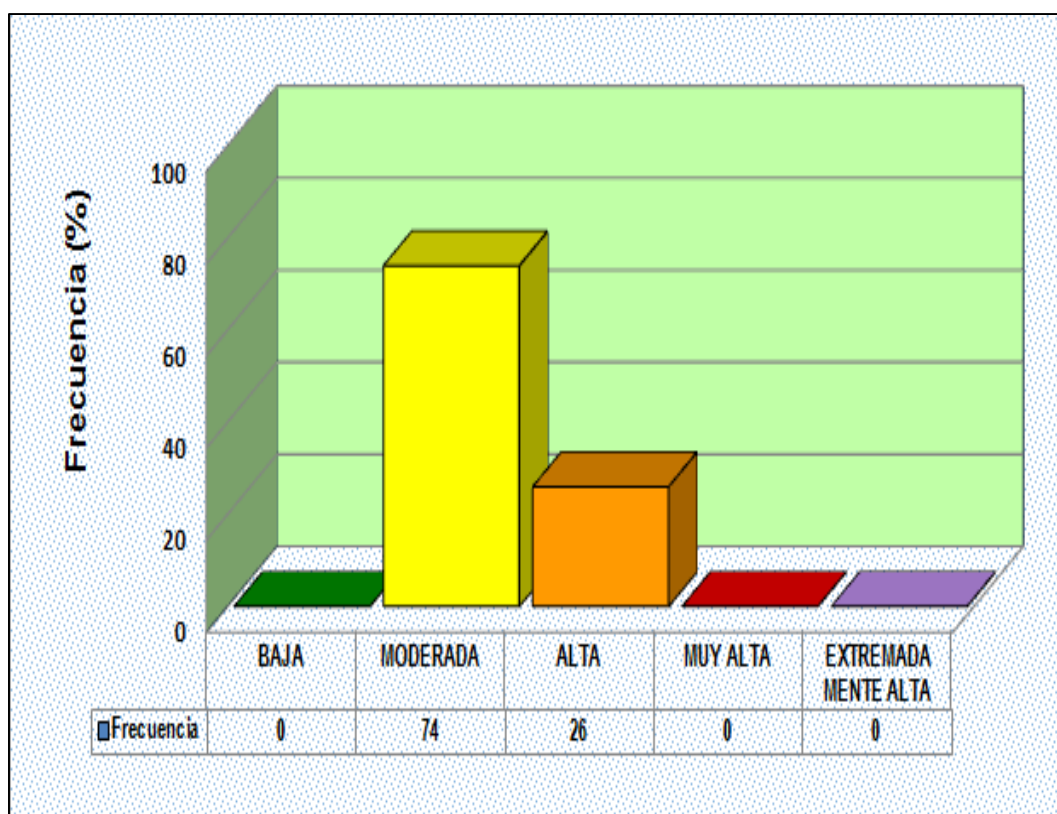


Figura 77: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes julio (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Agosto

En la Figura 78 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máximo media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes agosto, se observa el registro de índices que varían de 5 a 8 con niveles de riesgo moderada, alta y muy alta.

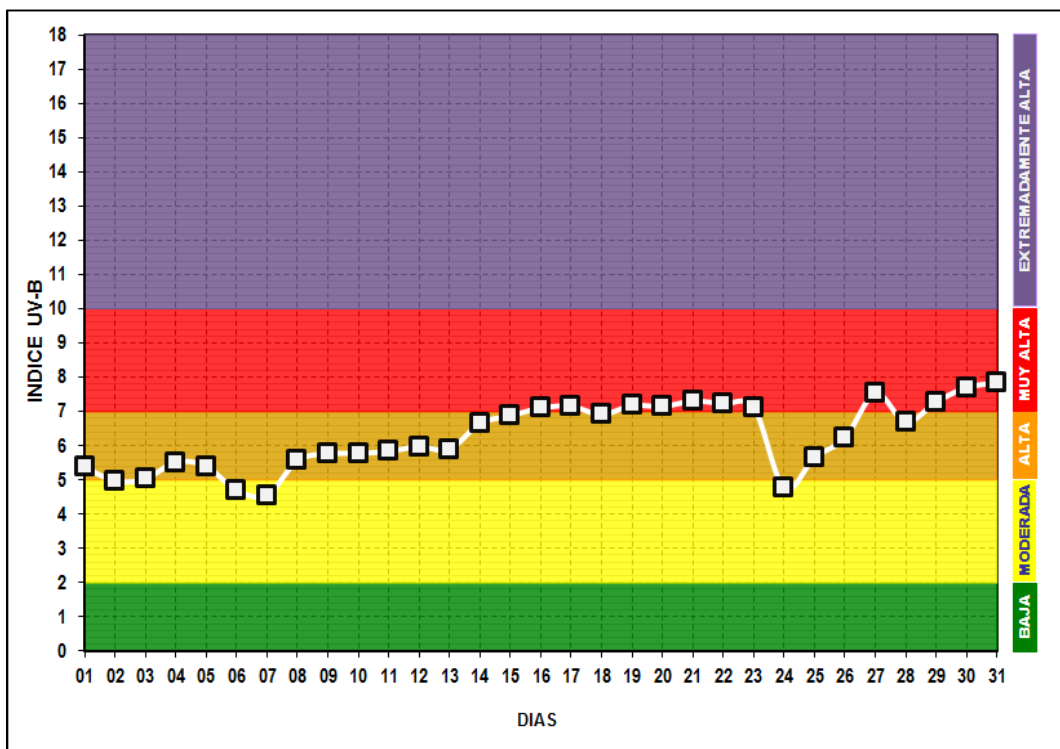


Figura 78: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de agosto (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 79 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de agosto, se tiene que el 68 % del periodo registro un nivel de riesgo alta, 22 % del periodo registro un nivel de riesgo moderada y un 10 % nivel de riesgo baja.

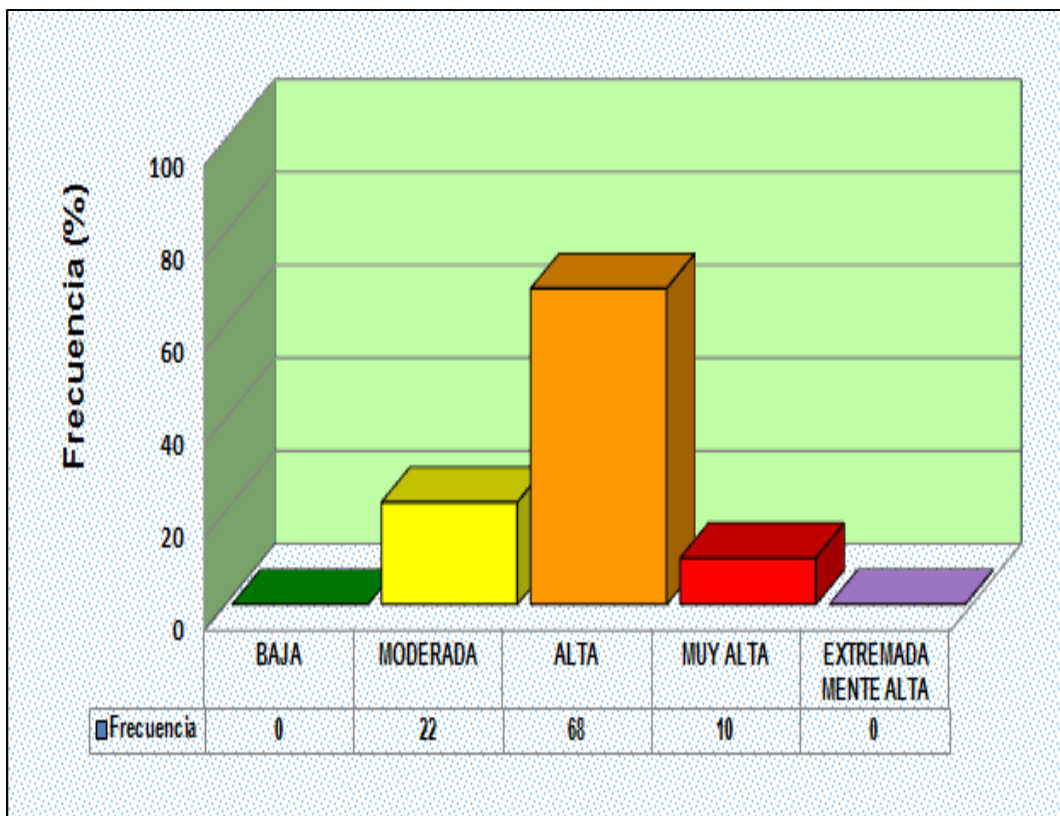


Figura 79: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes agosto (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Setiembre

En la Figura 80 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes setiembre, se observa el registro de índices que varían de 6 a 9 con niveles de riesgo alta y muy alta.

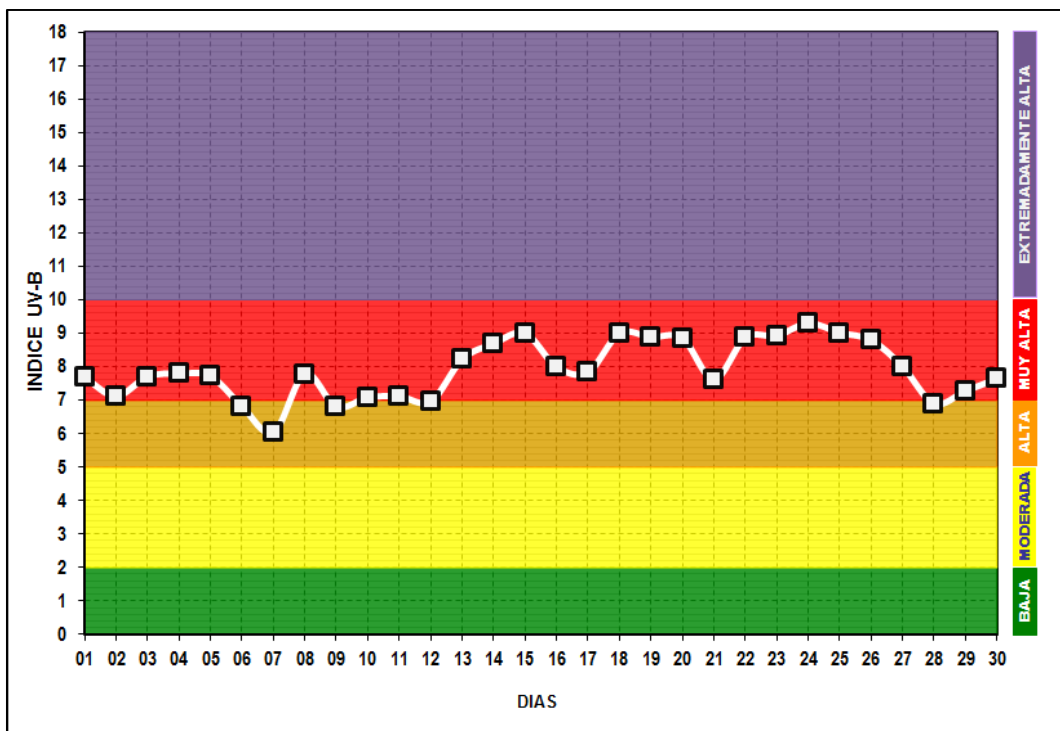


Figura 80: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de setiembre (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 81 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de setiembre, se tiene que el 70 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta y un 30 % periodo registro un nivel de riesgo alta.

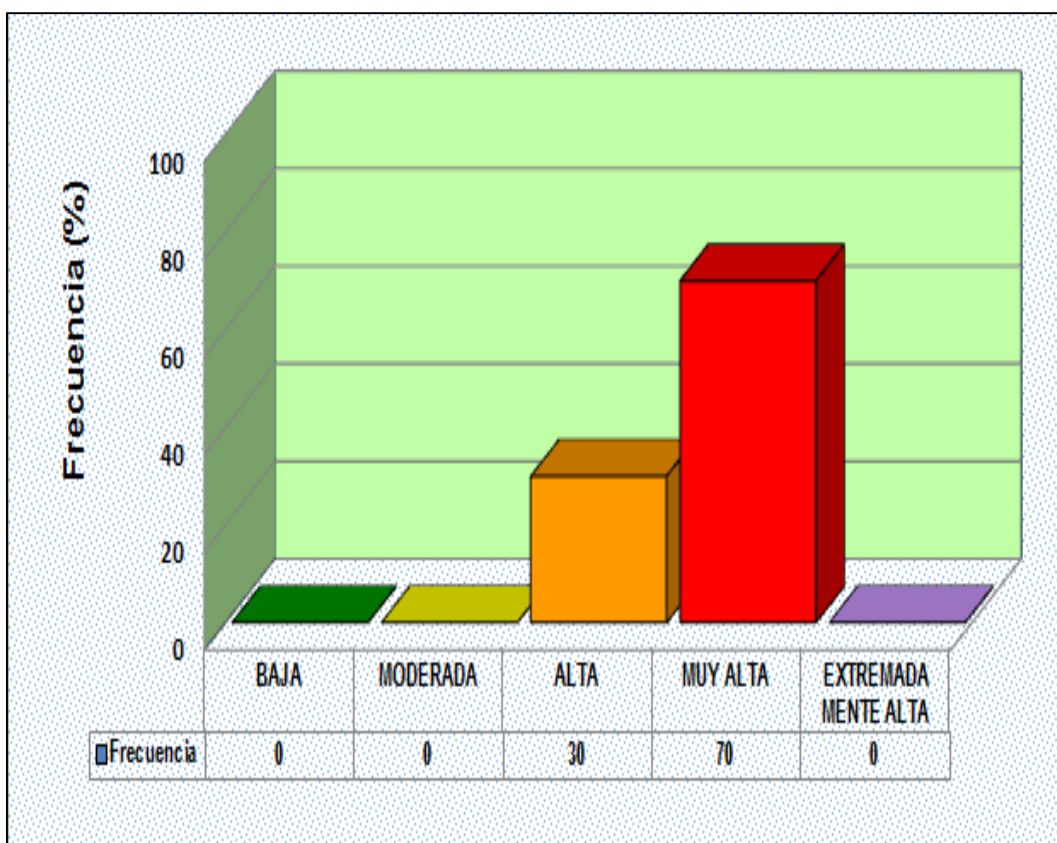


Figura 81: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes setiembre (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Octubre

En la Figura 82 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máximo media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes octubre, se observa el registro de índices que varían de 7 a 11 con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta.

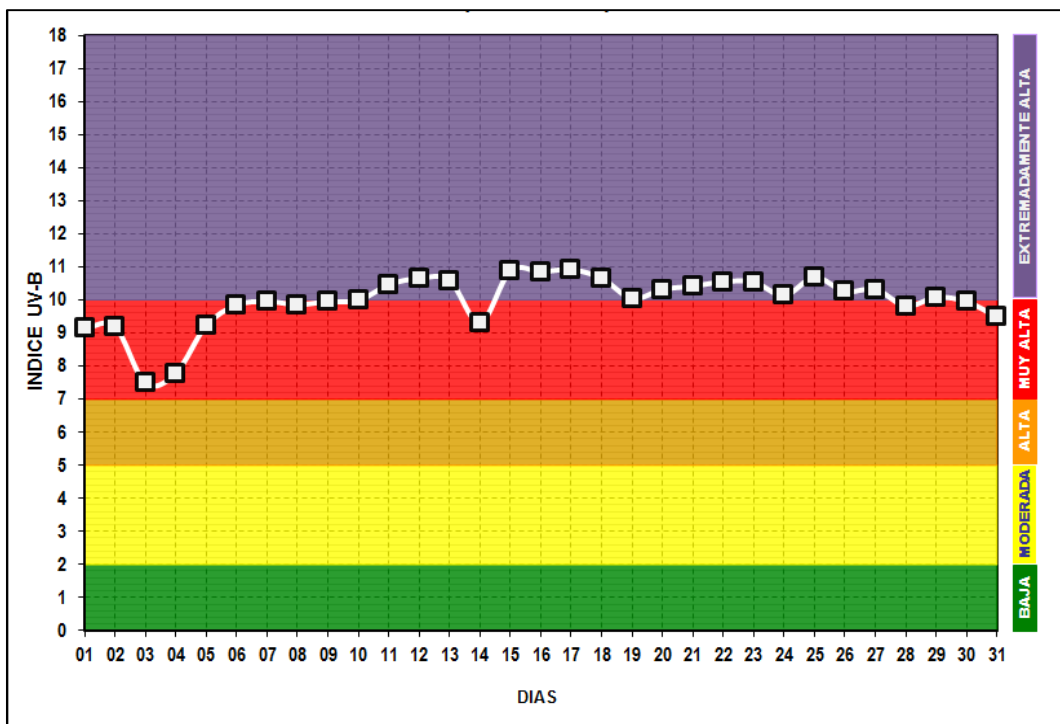


Figura 82: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de octubre (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 83 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de octubre, se tiene que el 68 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta, 29 % periodo registro un nivel de riesgo muy alta y 3 % del periodo registro un nivel de riesgo alta.

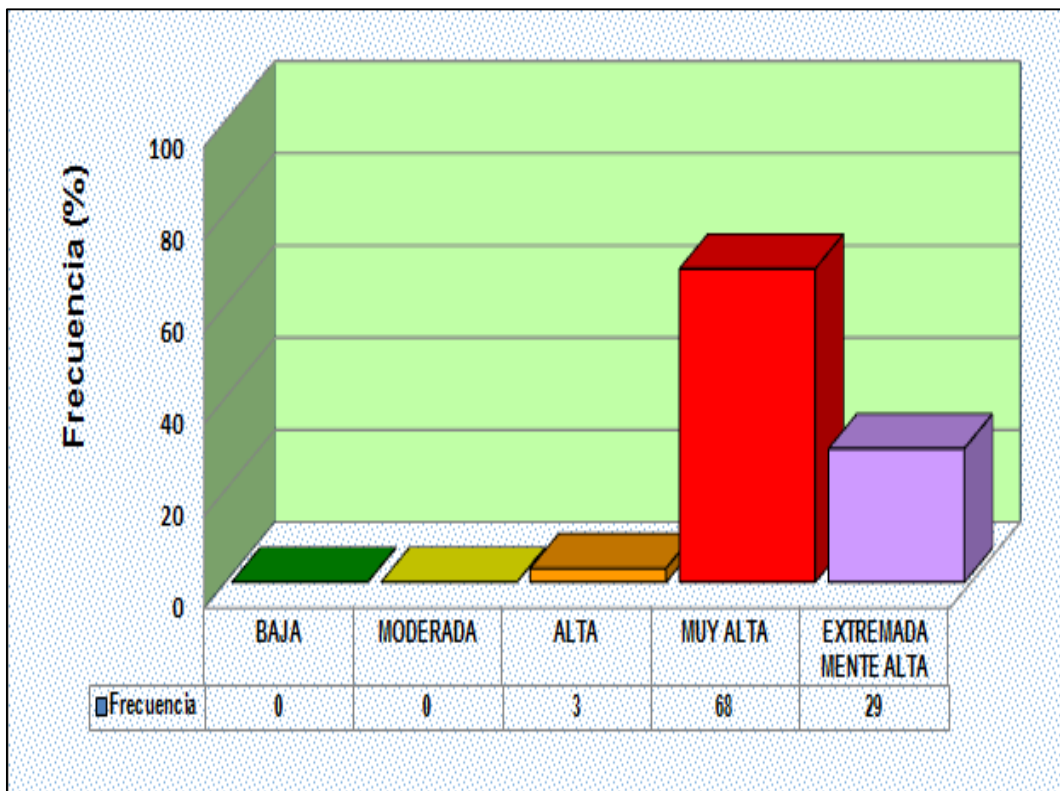


Figura 83: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes octubre (2012-2014).
Fuente: Elaboración propia.

Noviembre

En la Figura 84 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes noviembre, se observa el registro de índices que varían de 9 a 11, con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta respectivamente.

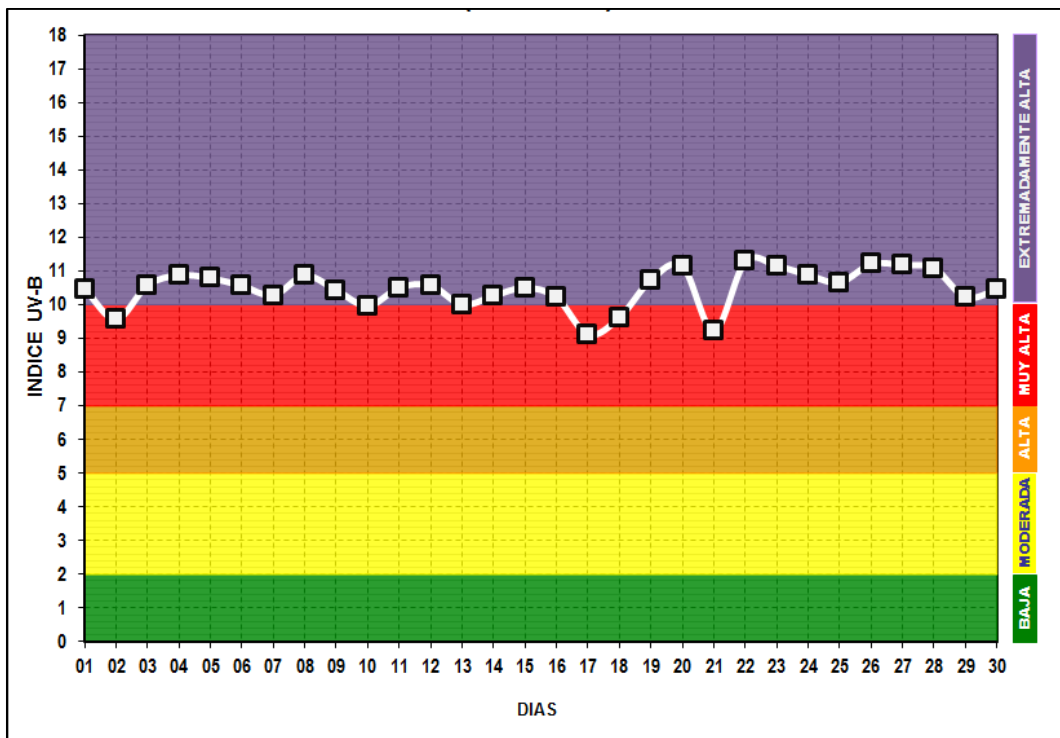


Figura 84: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diario multianual mes de noviembre (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 85 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de noviembre, se tiene que el 57 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta y el 43 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

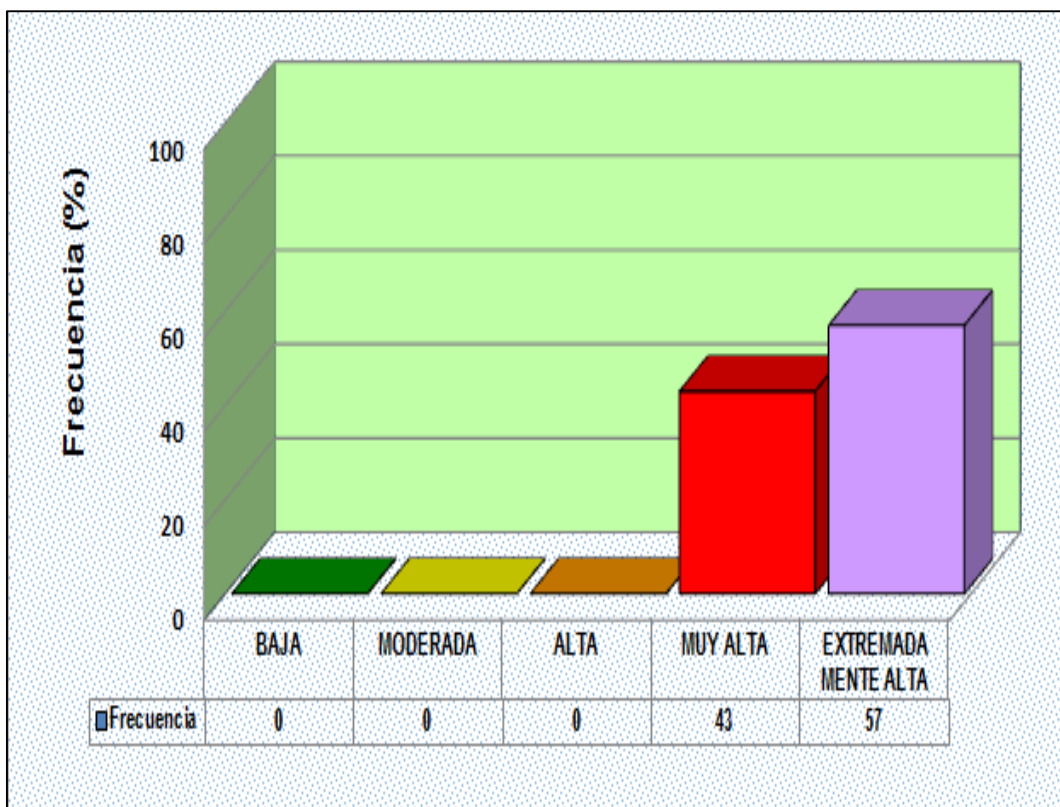


Figura 85: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes noviembre (2012-2014).
Fuente: Elaboración propia.

Diciembre

En la Figura 86 se observa la caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual con relación a los niveles de riesgo de exposición durante el mes diciembre, se observa el registro de índices que varían de 9 a 11 con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta.

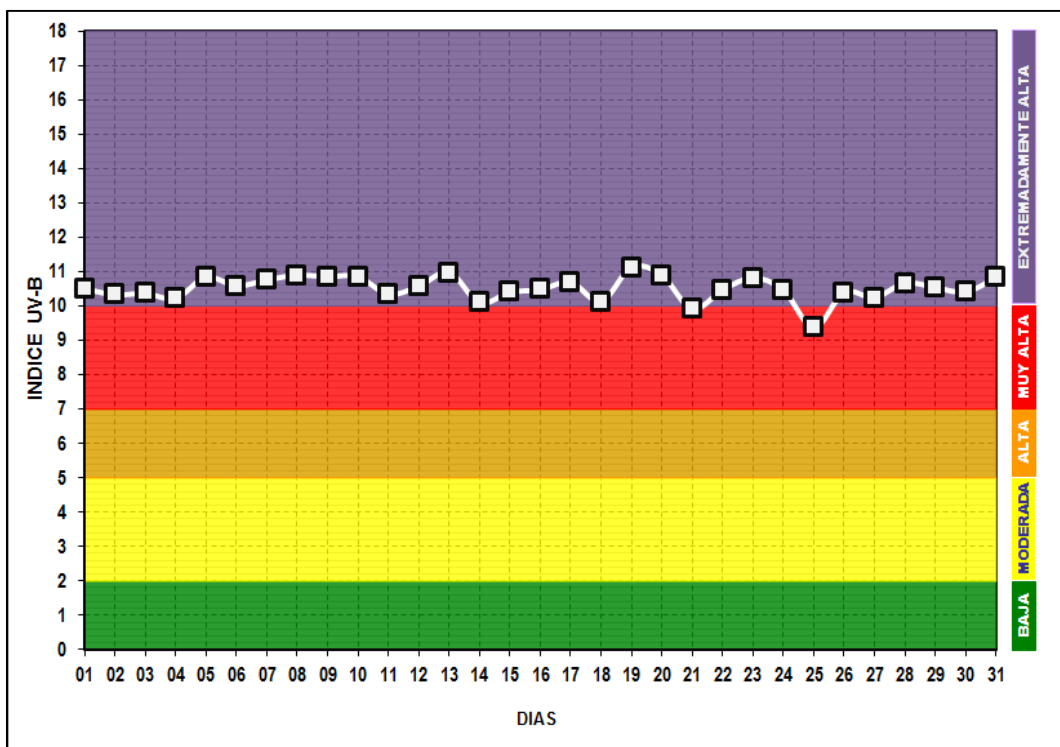


Figura 86: Comportamiento y caracterización del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual mes de noviembre (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 87 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante el mes de diciembre, se tiene que el 52 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta, y 48 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

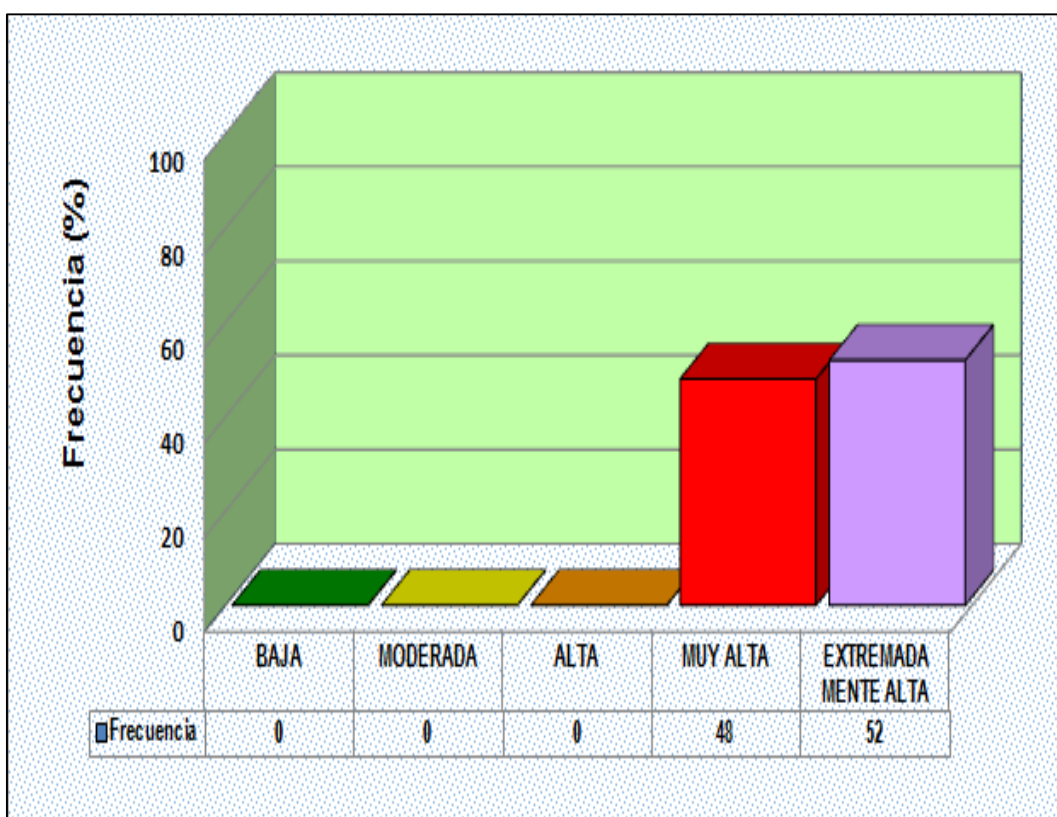


Figura 87: Frecuencia de los niveles de riesgo de exposición de la radiación UV-B máxima diaria mes diciembre (2012-2014).
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Cuantificación y caracterización de la IUV-B máxima diaria a nivel estacional, periodo 2012 - 2014

Estación verano

En la Figura 88 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la estación de verano (del 21 diciembre al 22 de marzo), registra valores de 9 a 12, con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta; esto debido a que las horas de luz en el hemisferio sur continúan aumentando, y la Tierra está en una posición cercana al sol y los rayos solares llegan perpendicularmente, lo que determina el incremento de radiación UV.

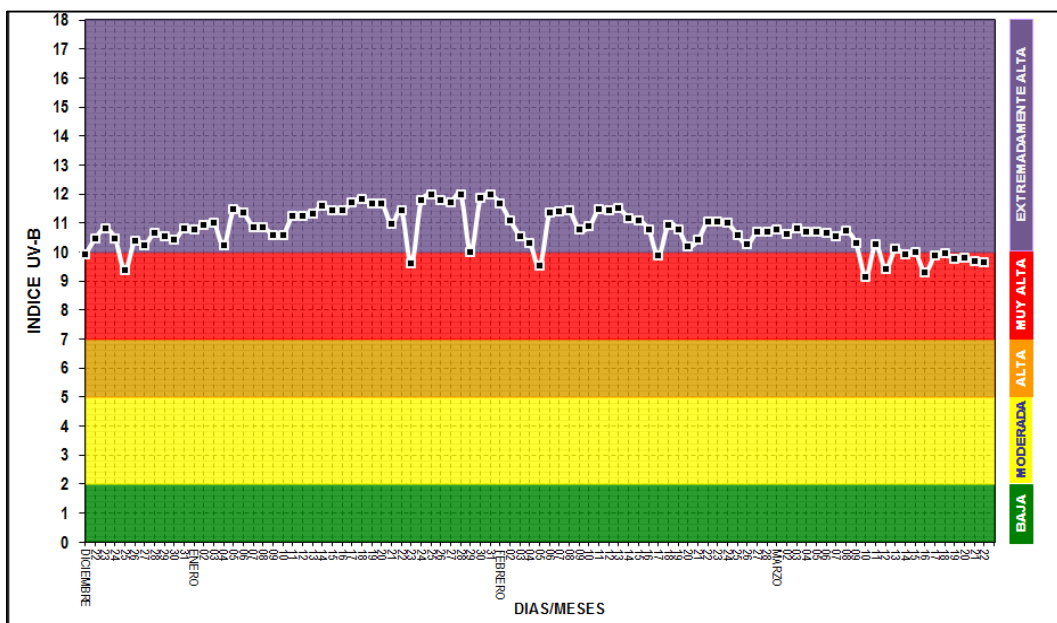


Figura 88: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la estación de verano (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 89 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante la estación de verano, se tiene que el 67 % del periodo registro un nivel de riesgo extremadamente alta y un 33 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta.

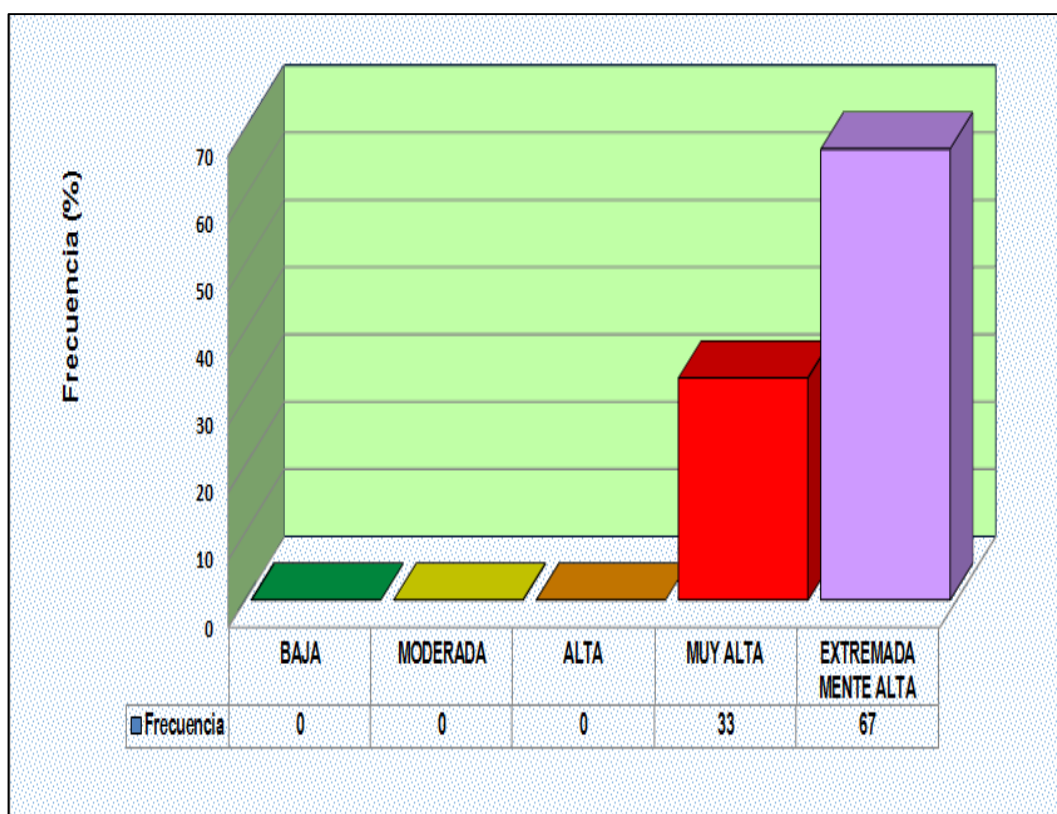


Figura 89: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima diaria multianual durante la estación de verano (2012-2014). Fuente: Elaboración propia.

Estación otoño

En la Figura 90 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la estación de otoño (del 23 de marzo al 20 de junio), se observa un proceso de descenso de los índices, registrándose valores altos de 10 y 6 con niveles de riesgo muy alta y alta durante los meses de marzo y abril; los valores bajos de 5 a 4 con niveles de riesgo moderada durante mayo y junio; este comportamiento se atribuye a que dicha estación es transicional con condiciones climáticas variables de cielo despejado y nublado parcial.

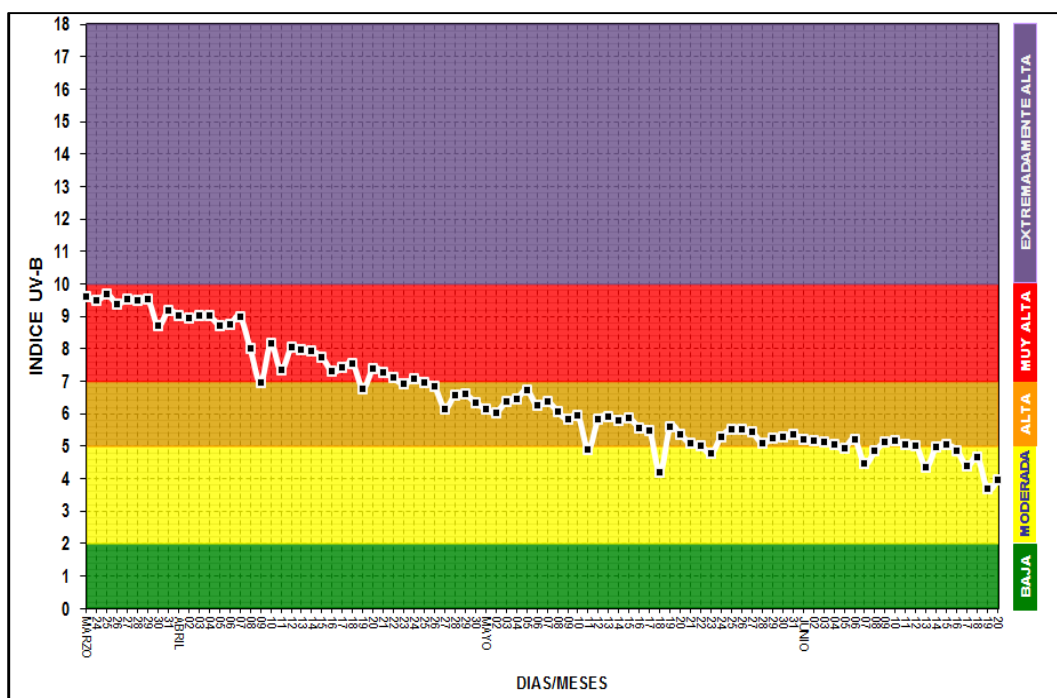


Figura 90: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la estación de otoño (2012-2014).
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 91 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante la estación de otoño, se tiene que el 25 % del periodo registro un nivel de riesgo muy alta, el 38 % del periodo registro un nivel de riesgo alta, y un 37 % del periodo registro un nivel de Riesgo Moderada.

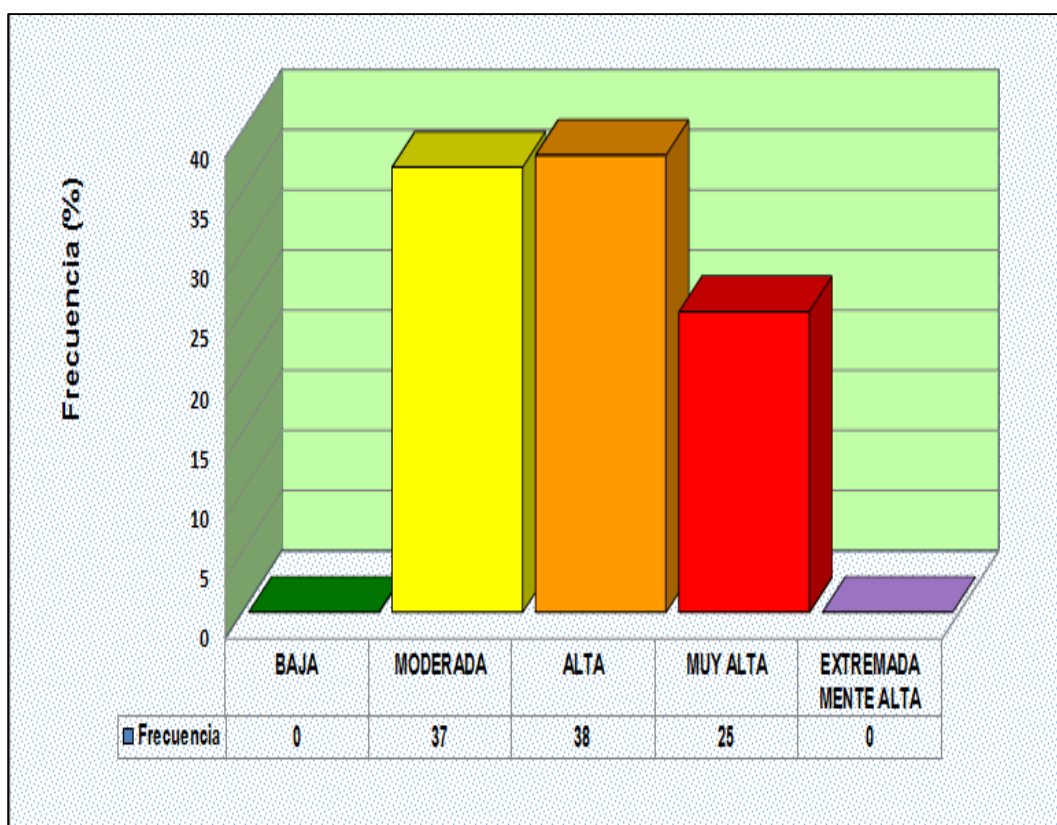


Figura 91: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima diaria multianual durante la estación de otoño (2012-2014).
Fuente: Elaboración propia.

Estación invierno

En la Figura 92 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la estación de invierno (del 21 de junio al 20 de setiembre), se observa un proceso de descenso de los índices, registrándose valores más bajos de 5 a 3 con niveles de riesgo moderada durante junio y julio; los valores altos de 6 a 9 con niveles de riesgo muy alta y alta, se registraron en agosto y setiembre; este comportamiento se debe a que durante esta estación los rayos solares pasan tangencialmente a la superficie terrestre por la latitud $66,5^{\circ}\text{S}$, y llega menos radiación solar al hemisferio sur y los días son más cortos.

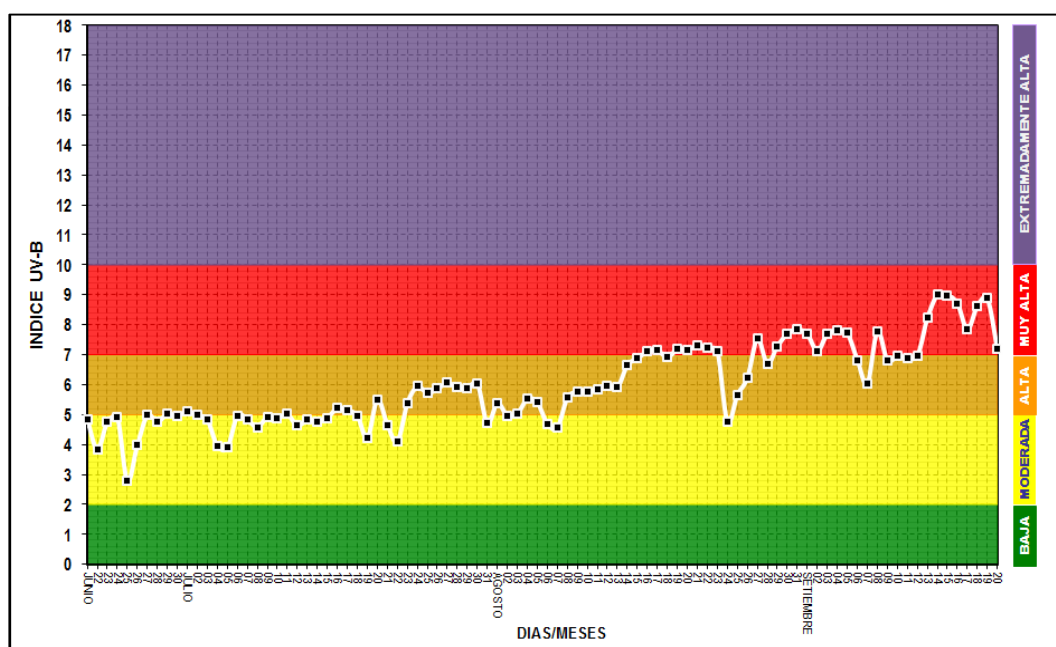


Figura 92: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la estación de invierno (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 93 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante la estación de invierno, se tiene que el 17 % del periodo registra un nivel de riesgo muy alta, el 40 % del periodo registra un nivel de riesgo alta, y un 43 % del periodo registra un nivel de riesgo moderada.

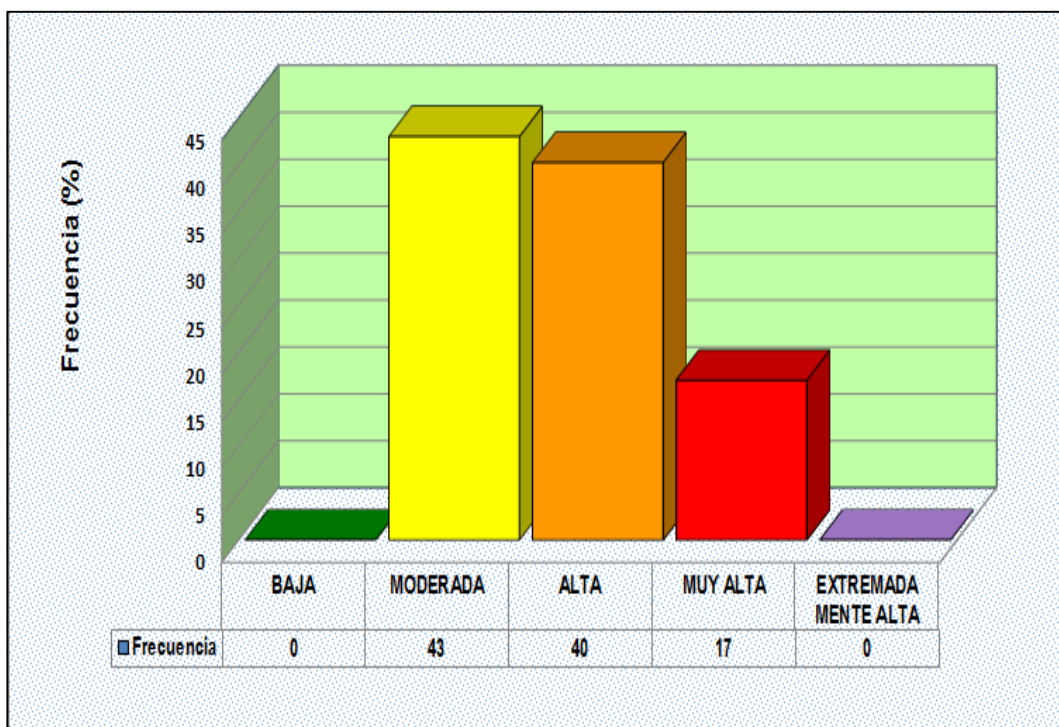


Figura 93: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima diaria multianual durante la estación de invierno (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

Estación primavera

En la Figura 94 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual durante la primavera (21 de setiembre a 20 de diciembre), donde los índices registran una menor variabilidad, registrándose valores bajos de 7 a 9 con niveles de riesgo muy alta en setiembre; mientras que los valores altos de 9 a 11 con niveles de riesgo extremadamente alta y muy alta en octubre, noviembre y diciembre; esto se debe a que durante este periodo, los rayos solares otra vez llegan perpendicularmente a la línea del Ecuador, y comienza a aumentar las horas de sol, también es caracterizada climáticamente como una estación transicional hacia el inicio del verano.

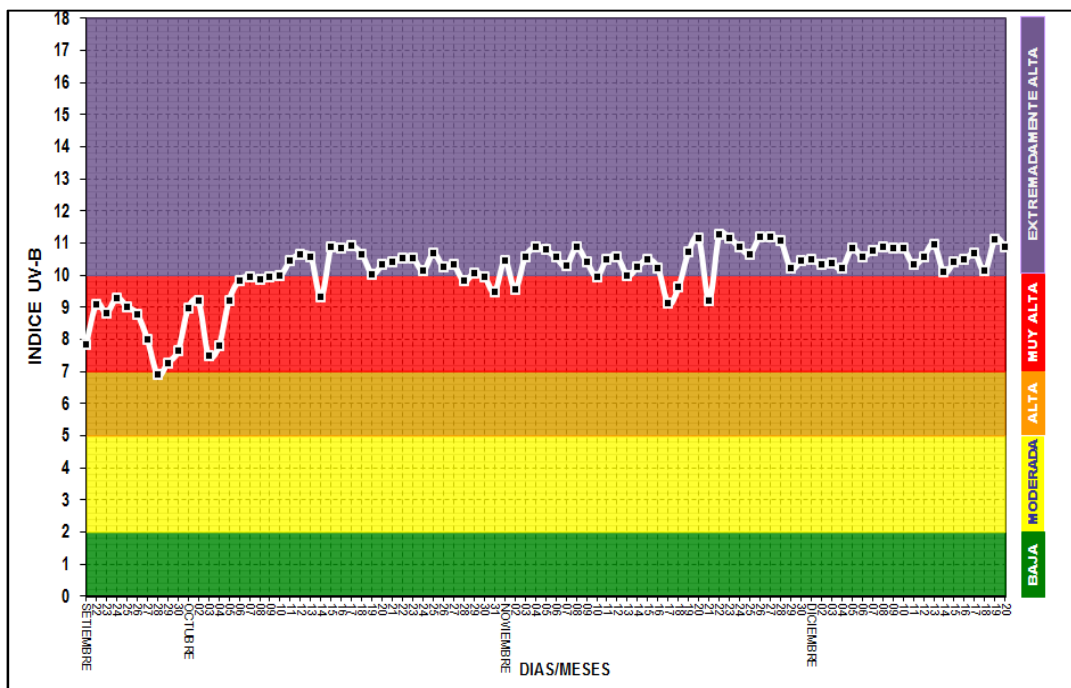


Figura 94: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UVB máxima media diaria multianual durante la estación de primavera (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 95 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media diaria multianual, durante la estación de primavera, se tiene que el 42 % del periodo registra un nivel de riesgo extremadamente alta, el 55 % del periodo registra un nivel de riesgo muy alta y sólo el 3 % del periodo registra un nivel de riesgo muy moderada.

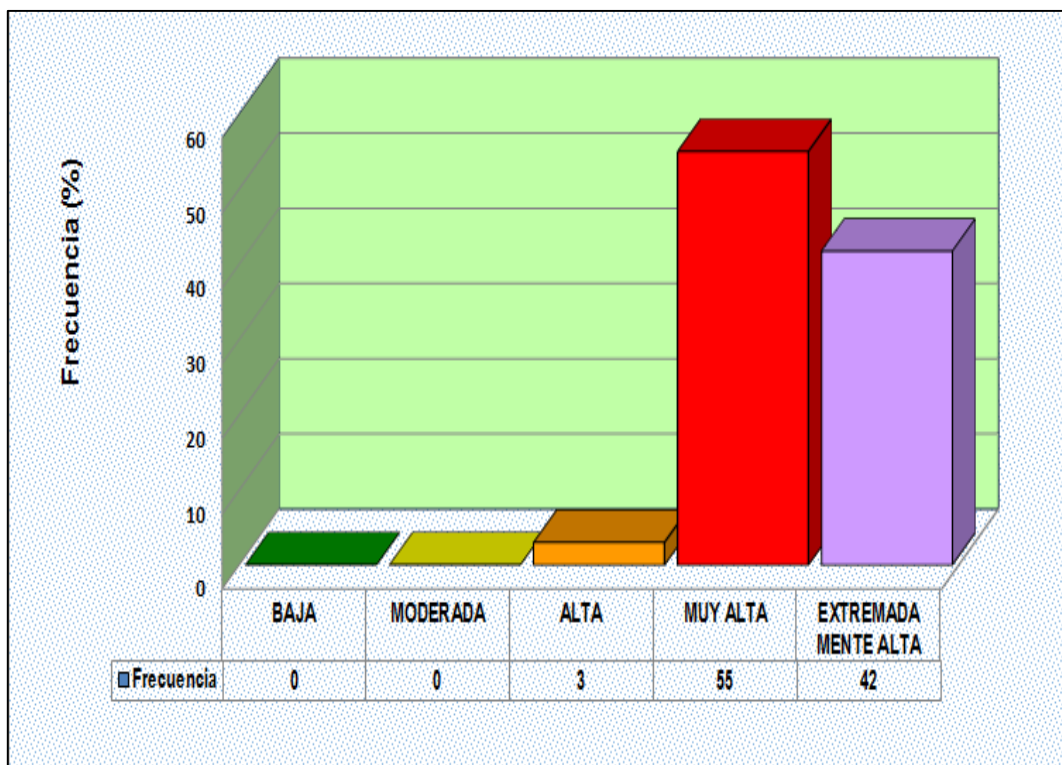


Figura 95: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima diaria multianual durante la estación de primavera (2012-2014). Fuente: Elaboración propia.

4.4 Cuantificación y caracterización del IUV-B, máxima media mensual, a nivel anual periodo 2012 - 2014

Año 2012

En la Figura 96 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2012, en los meses de enero y febrero la media varió de 11 a 12 con nivel de riesgo extremadamente alta; en marzo, abril, setiembre, octubre, noviembre y diciembre la media varió de 8 a 10 con nivel de riesgo muy alta; en mayo y agosto la media varió de 6 a 7 con nivel de riesgo alta, y finalmente en junio y julio se tuvo una media de 5 con nivel de riesgo moderada.

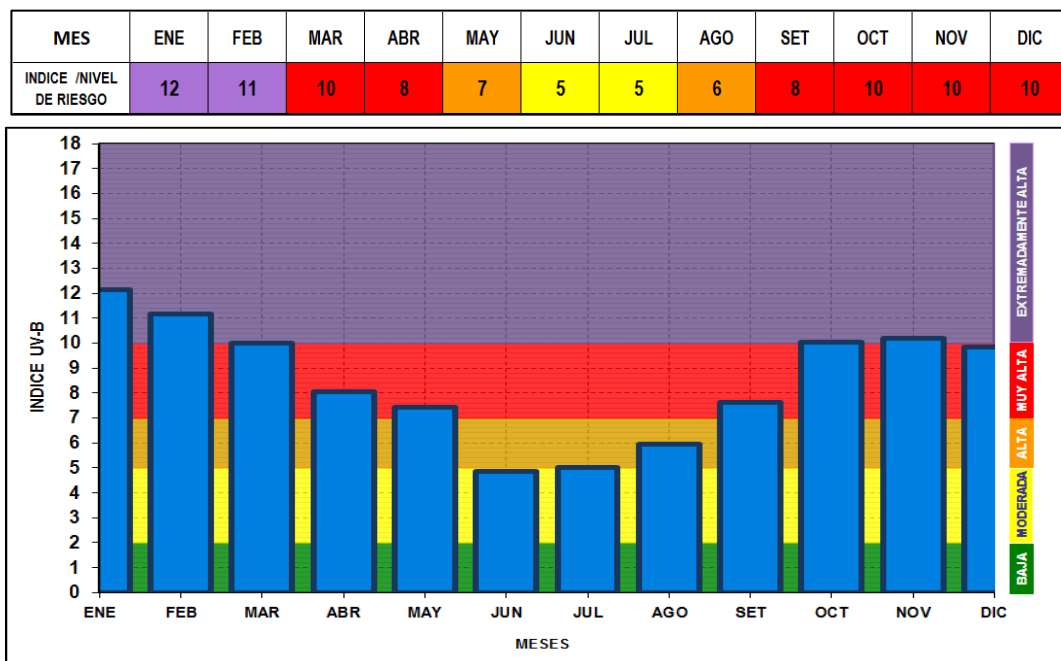


Figura 96: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2012.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 97 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2012, se tiene que un 17 % del periodo (2 meses) registra índices de nivel de riesgo extremadamente alta; el 49 % del periodo (6 meses) registra índices de nivel de riesgo muy alta; el 17 % del periodo (2 meses) registra índices de nivel de riesgo alta; y el 17 % del periodo (2 meses) registra índices de nivel de riesgo moderada.

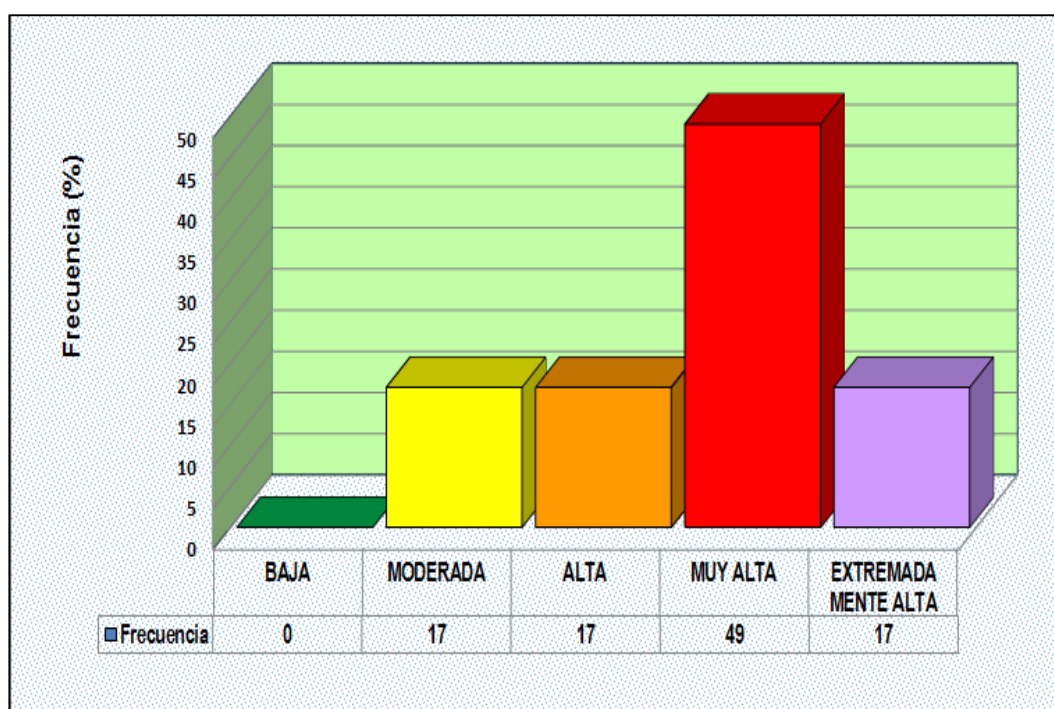


Figura 97: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Año 2013

En la Figura 98 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2013, durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre se registró una media de 9 a 11 con nivel de riesgo extremadamente alta; en los meses de marzo, abril, setiembre y octubre, se registró una media de 8 a 10 con nivel de riesgo muy alta; en los meses de mayo y agosto se registró una media de 6 con nivel de riesgo alta, y durante junio y julio se tuvo una media de 5 con nivel de riesgo moderada.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
INDICE /NIVEL DE RIESGO	11	11	10	8	6	5	5	6	9	10	11	11

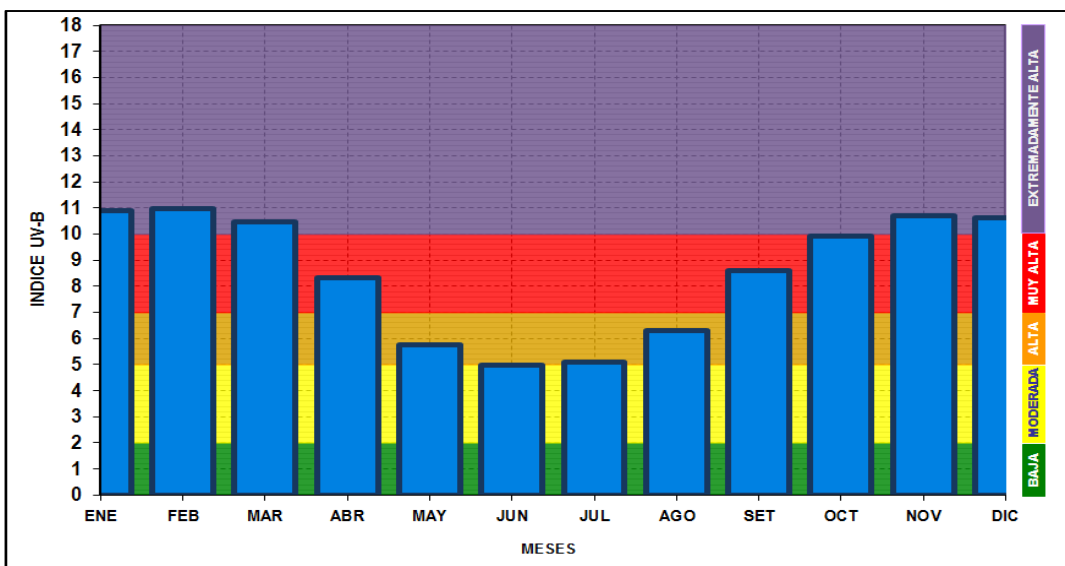


Figura 98: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2013.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 99 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2013, se tiene que un 33 % del periodo (4 meses) registra índices de nivel de riesgo extremadamente alta; el 33 % del periodo (4 meses) registra índices de nivel de riesgo muy alta; el 17 % del periodo (2 meses) registra índices de nivel de riesgo alta, y de igual forma el 17 % del periodo (2 meses) registra índices de nivel de riesgo moderada.

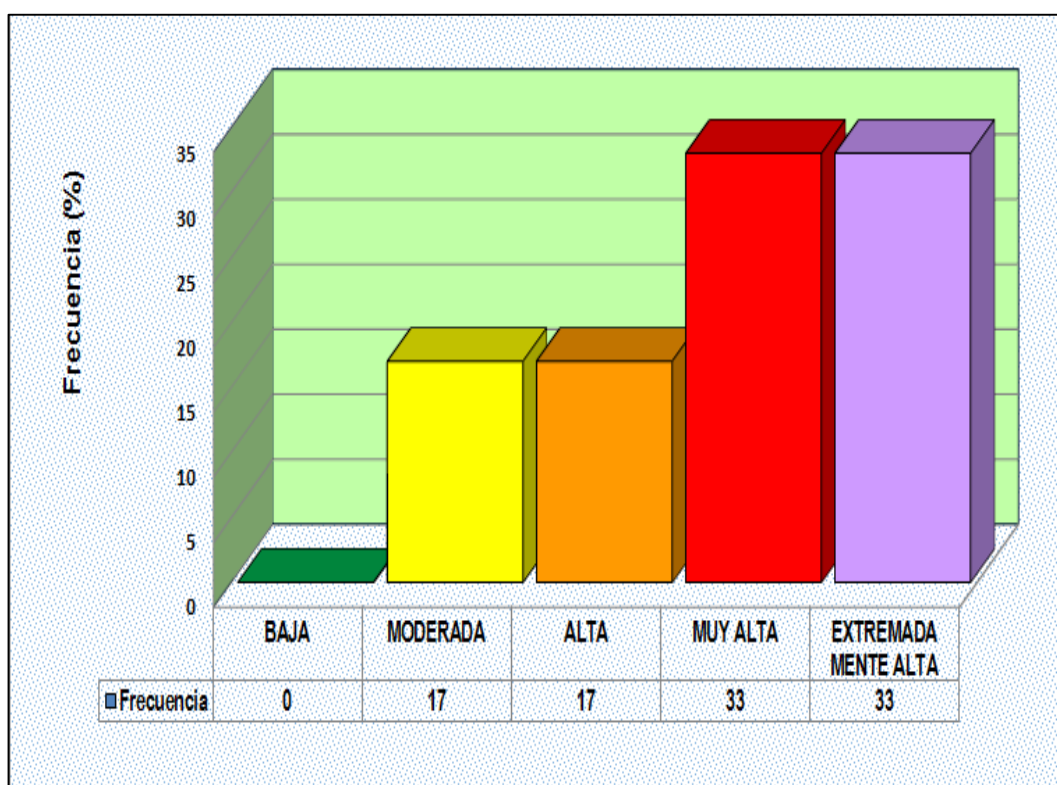


Figura 99: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2013.
Fuente: Elaboración propia.

Año 2014

En la Figura 100 se observa el comportamiento de índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2014, durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, se registró una media de 11 con nivel de riesgo extremadamente alta; en los meses de marzo y octubre se registró una media de 9 a 10 con nivel de riesgo muy alta; en los meses de abril, agosto y setiembre se registró una media de 7, con nivel de riesgo alta, y finalmente en mayo, junio y julio se registró una media de 5 con nivel de riesgo moderada.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
INDICE /NIVEL DE RIESGO	11	11	9	7	5	4	5	7	7	10	11	11

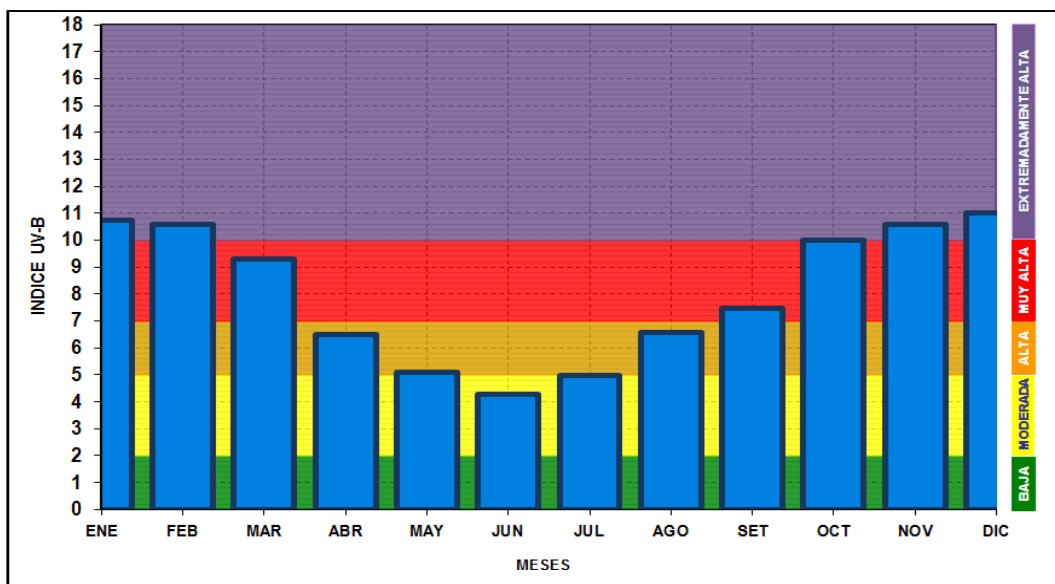


Figura 100: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 101 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2013, se tiene que un 33 % del periodo (4 meses) registra índices de nivel de riesgo extremadamente alta; el 17 % del periodo (2 meses) registra índices de nivel de riesgo muy alta; el 25 % del periodo (3 meses) registra índices de nivel de riesgo alta, y de igual forma el 25 % del periodo (3 meses) registra índices de nivel de riesgo moderada.

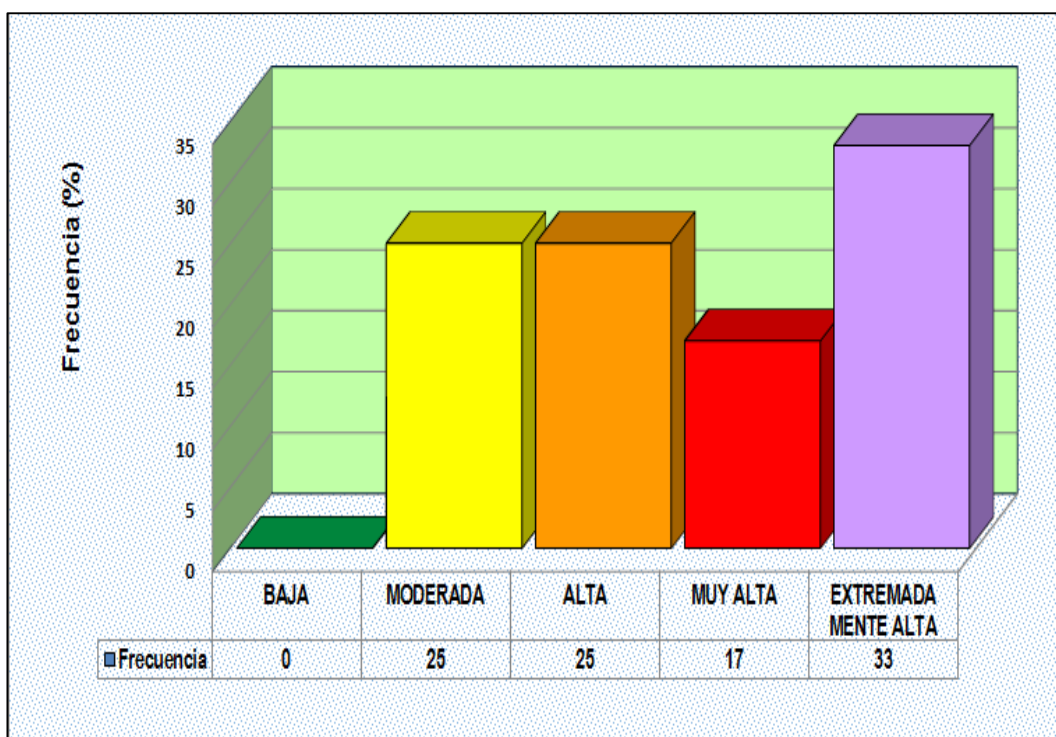


Figura 101: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima media mensual durante el año 2014.

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Cuantificación y caracterización del IUV-B, máxima media multianual periodo

En la Figura 102 se observa la caracterización de índice de la radiación UV-B máxima media multianual, se observa que durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, se registró una media de 11 con nivel de riesgo extremadamente alta; en los meses de marzo, abril, setiembre y octubre se registró una media de 8 a 10 con nivel de riesgo muy alta; en los meses de mayo y agosto se registró una media de 6, con nivel de riesgo alta, y en junio y julio se registró una media de 5, cuyo nivel de riesgo fue moderada.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
INDICE /NIVEL DE RIESGO	11	11	10	8	6	5	5	6	8	10	11	11

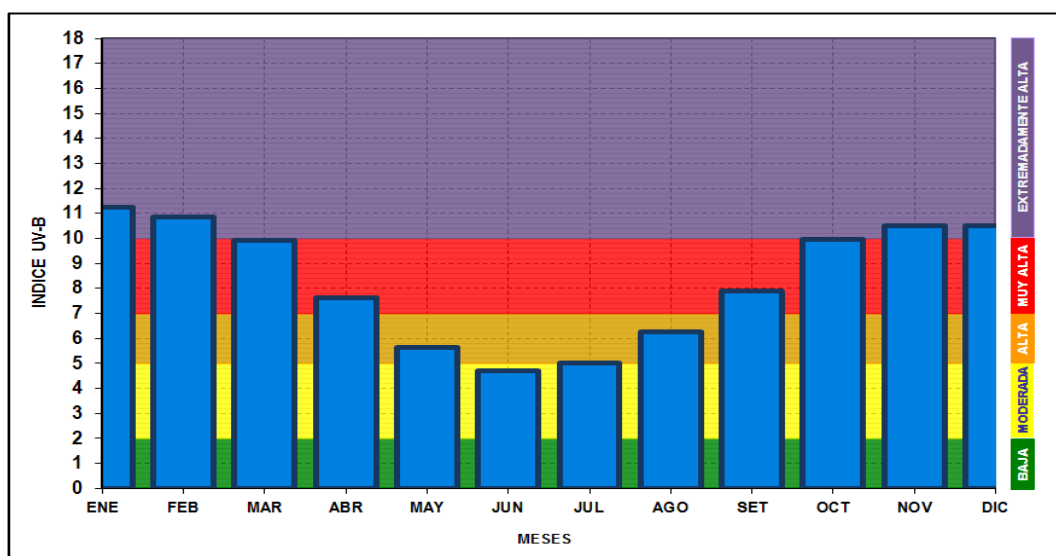


Figura 102. Caracterización de índice de radiación UV-B máxima media mensual multianual (2012- 2014).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 103 se observa la frecuencia de los niveles de riesgo de exposición en función del índice de radiación UV-B máxima media mensual multianual (2013-2014), se tiene que un 33 % del periodo (4 meses) registro índices de nivel de riesgo extremadamente alta; el 33 % del periodo (4 meses) registro índices con nivel de riesgo muy alta; el 17 % del periodo (2 meses) registro índices con nivel de riesgo alta, y de igual forma el 17 % del periodo (2 meses) registro índices con nivel de riesgo moderada.

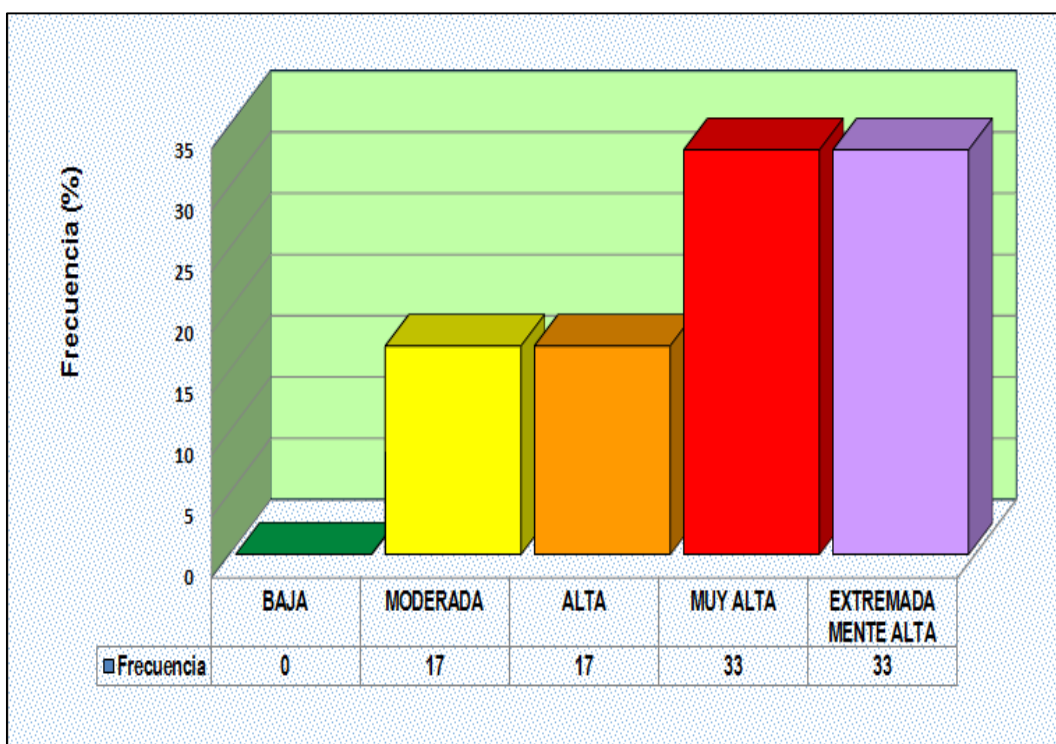


Figura 103: Frecuencia de niveles de riesgo de exposición, del índice de radiación UV-B máxima media mensual multianual (2012-2014).

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Cuantificación y caracterización del IUV-B, máxima media mensual extremas multianual

En la Figura 104 se observa la caracterización de índice de la radiación UV-B máxima media extremas que durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre se registraron valores de 11 a 12 con nivel de riesgo extremadamente alta; en los meses marzo, abril, setiembre y octubre valores de 9 a 10 con nivel de riesgo muy alta; mientras que mayo y agosto registraron valores de 6 a 7 con nivel de riesgo alta; y finalmente, junio y julio el índice varió de 4 a 5 con un nivel de riesgo moderada.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	12	11	10	8	6	5	5	7	9	10	11	11
MINIMO	11	11	9	7	5	4	5	6	7	10	10	10

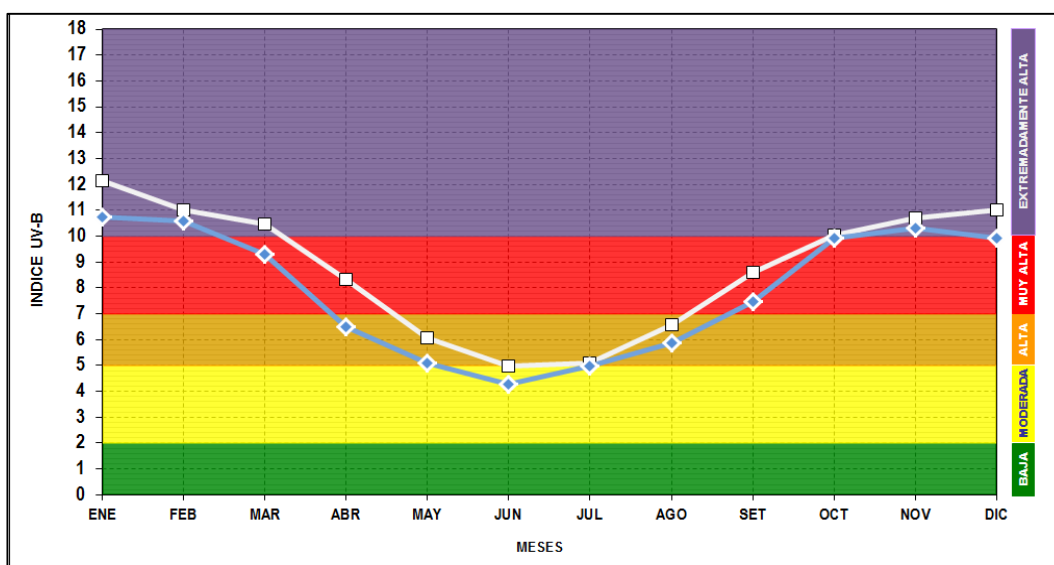


Figura 104: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máxima media extrema multianual (2012- 2014).

Fuente: Elaboración propia.

4.7 Comportamiento desviación estándar multianual del IUV-B máxima media mensual

En la Figura 105 se observa que durante los meses de enero y abril se observa mayor variabilidad del índice de radiación UV-B con valor de 0,8 y 1,0; mientras que durante los meses de julio, octubre y noviembre se observa menor variabilidad de índice UV-B con valores de 0,1 y 0,2.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2012	12	11	10	8	7	5	5	6	8	10	10	10	9
2013	11	11	10	8	6	5	5	6	9	10	11	11	9
2014	11	11	9	7	5	4	5	7	7	10	11	11	8
MEDIA	11	11	10	8	6	5	5	6	8	10	11	11	8
STD	0.8	0.2	0.6	1.0	0.5	0.4	0.1	0.4	0.6	0.1	0.2	0.6	0.3

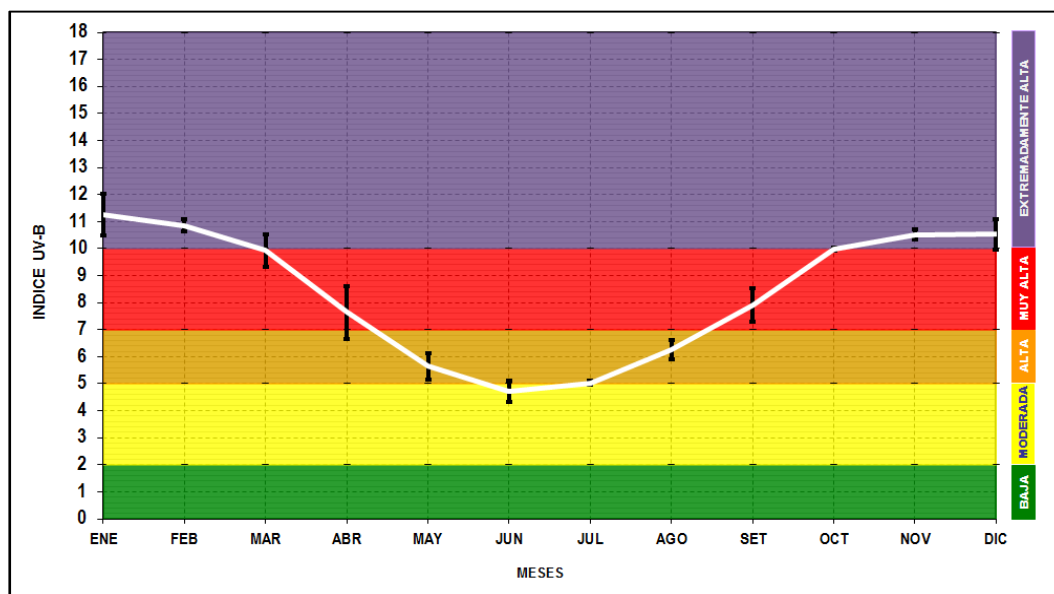


Figura 105: Comportamiento y caracterización de índice de radiación UV-B máximo media extremas multianual (2012- 2014).

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 VARIACIÓN MULTIANUAL DEL ÍNDICE DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA B

Viendo la necesidad de proporcionar a la población una información de fácil comprensión sobre la radiación ultravioleta y sus posibles efectos perjudiciales a la salud, ha llevado a los científicos a definir un parámetro que pueda utilizarse como un indicador de las exposiciones a la radiación UV. Este parámetro se denomina índice de radiación ultravioleta (RUV) y está relacionado con los efectos eritemáticos que ocasiona la radiación solar UV sobre la salud de la población, la misma ha sido definida y normalizada bajo la supervisión de diversas instituciones internacionales tales como la OMM, OMS y UNEP, constituida por una escala de índice de radiación de 0 a 11+ y dividida en seis niveles de riesgo (Mínimo, Bajo, Moderado, Alto, Muy Alto y Extremo).

A nivel de la ciudad de Tacna considerando el periodo de estudio, se ha determinado que el índice de radiación máximo media multianual alcanza valor de 8, considerado como riesgo de exposición Muy alto, con

una variación interanual de 0,3, el cual permitió determinar los índices extremos multianual, la cual varía de 8 a 9 caracterizado con nivel de riesgo muy alto; por lo cual se puede manifestar que en la ciudad de Tacna se caracteriza por la predominancia de índices de radiación ultravioleta B de nivel de riesgo de exposición muy alta.

5.2 Variación anual del índice de radiación ultravioleta B

La radiación ultravioleta presenta un comportamiento variable durante periodos anuales, mensual y diario, esto debido a diversos factores atmosféricos, efecto invernadero, gases presentes en la capa atmosférica actúan como filtros para ciertas frecuencias, y la capa de ozono que actúan como atenuantes de la incidencia de la irradiación de un determinado lugar, de igual forma la traslación y rotación de la tierra, sistemas que condicionan el grado de incidencia de la irradiación sobre un determinado lugar a nivel diario y anual. Por lo cual, se puede afirmar que la radiación total incidente sobre la superficie de la Tierra va a estar sujeta a variaciones, algunas previsibles (diurnas y estacionales) y otras no previsibles (las meteorológicas, particularmente el vapor de agua condensado en las nubes).

A nivel anual, la radiación ultravioleta B en la ciudad de Tacna durante el periodo de estudio, presenta promedios anuales máximos mensuales de: 9 (2012), 9 (2013) y 8 (2014); y una media máxima multianual de 9, caracterizado como nivel de riesgo muy alta (Escala OMS 2003).

Estudio realizado en Arica sobre Índice de radiación ultravioleta periodo 2006-2015 (Rojas E., Rivas M. 2017); concluye que los niveles del índice solar ultravioleta (UVI) medidos en Arica son los más altos de Chile, con promedios anuales de los máximos mensuales de UVI en los intervalos de tiempo indicados en cada caso son de 9,1 para la ciudad de Arica.

5.3 Variación estacional y mensual, del índice de radiación ultravioleta B.

La Tierra en su desplazamiento por la órbita solar realiza dos movimientos principales, el de rotación sobre su propio eje y el de traslación alrededor del Sol, que determinan la cantidad de luz y calor que llega a cada lugar de la superficie terrestre a lo largo del día y del año. El cambio de las estaciones a lo largo del año se produce al darse la particularidad de que el eje de rotación de la tierra se encuentra inclinado respecto del plano de la órbita, esto hace que los rayos del Sol incidan de forma diferente a lo largo del año en cada hemisferio.

Como se ha manifestado anteriormente que la variación de intensidad de radiación UV durante las estaciones del año, se debe a la inclinación de la tierra, ya que su eje de rotación está inclinada 23,5 grados respecto al plano de la órbita que realiza en torno al Sol; como se sabe que durante el verano se siente más calor que en invierno, esto es debido simplemente porque los rayos solares, en verano calientan más los sectores donde llegan en forma perpendicular a la superficie terrestre, y calientan menos donde llegan inclinados.

Se ha determinado que en los meses de enero, febrero y marzo (verano) se registran índices máximos mensual de radiación UV de 10 a 12, alcanzando niveles de riesgo extremadamente alta y muy alto (frecuencias de 67 % y 33 % respectivamente); mientras que durante la estación de primavera (octubre, noviembre y diciembre) se registran índices máximos mensual de radiación UV de 8 a 11, alcanzando niveles de riesgo extremadamente alta y muy alto (frecuencias de 42 % y 55 % respectivamente), sin embargo, durante las estaciones de otoño (abril, mayo y junio) e invierno (julio, agosto y setiembre) se registran radiación de menor intensidad, debido a que los rayos del sol inciden de una forma más oblicua, por lo cual la radiación es menos intensa; en la estación de otoño se registraron índices máximos de 5 a 10 considerados como niveles de

riesgo de exposición moderado, alto y muy alto (frecuencias de 37 %, 38 % y 25 % respectivamente); en la estación de invierno se registraron índices máximos de 4 a 9 considerados como niveles de riesgo de exposición moderado, alto y muy alto (frecuencias de 43 %, 40 % y 17 % respectivamente).

Estudio realizado en Arica sobre índice de radiación ultravioleta periodo 2006-2015 (Rojas E., Rivas M., 2017); concluye que las mediciones o registro de índice de radiación ultravioleta durante la estación del verano alcanzan máximas medias mensuales de 10 a 12 caracterizado como riesgo extremadamente alta y muy alto (frecuencias de 84 % y 16 % respectivamente); en la estación de primavera se registraron índices máximas medias mensuales de 8 a 11 caracterizado como riesgo extremadamente alta y muy alto (frecuencias de 63 % y 34 % respectivamente); de igual forma en la estación de otoño se registraron índices máximas medias mensuales de 5 a 9 caracterizado como riesgo moderado, alto y muy alto (frecuencias de 6 %, 57 % y 34 % respectivamente), y finalmente durante la estación de invierno se registraron índices máximas medias mensuales de 5 a 10 caracterizado como riesgo moderado, alto y muy alto (frecuencias de 23 %, 22 % y 25 % respectivamente).

Según estudio radiación ultravioleta. Análisis de su comportamiento estacional en diferentes sectores de la región Piura, costa norte del Perú (2015), manifiesta en su resultado que en la estación de verano (febrero y la primera semana de marzo, 2009) se registraron los índices de radiación más altos las cuales superaron valores de +15 (nivel extremo); y la menor incidencia de los niveles de radiación se produce a fines de otoño e inicios de invierno, con índices de radiación máximo promedio de 8 considerado nivel de riesgo moderado.

5.4 Variación diario del índice de radiación ultravioleta B

La rotación de la tierra alrededor de su eje ocasiona los cambios diurnos en la radiación solar que incide en el planeta tierra, la cual determinan la cantidad de luz y calor que llega a cada lugar de la superficie terrestre a lo largo del día. Los resultados de las mediciones del monitoreo reflejan la dependencia de los niveles de radiación ultravioleta respecto a la hora del día. Las observaciones horarias durante el transcurso del día reflejan el comportamiento de los niveles de radiación ultravioleta, debido al efecto de las nubes, aerosoles y/o a los cambios en la posición del Sol durante el día. En el periodo de monitoreo en la ciudad de Tacna a nivel horario se ha observado hasta cinco niveles de riesgo de exposición a la

radiación ultravioleta de acuerdo a la influencia horaria: extremadamente alta, muy alta, alta, moderada y baja.

Según análisis multianual diario, se tiene que durante las 11:00 h a 13:00 h, se registra índice de radiación UV de 7 a 8 considerado como nivel de riesgo muy alta; mientras que los horarios de 10:00 h y 14:00 h, se registra índice de radiación UV de 5 a 6 considerado como nivel de riesgo alta; durante los 09:00 h y 15:00 h se registra índice de radiación UV de 3 a 4 considerado como nivel de riesgo de moderado, y durante las 07:00 h a 08:00 h y 17:00 h, se registra índices de 1 a 2, considerado como nivel de riesgo baja.

El estudio realizado en Moquegua sobre evaluación de la radiación ultravioleta en la región Moquegua, 2009 (Dirección regional de salud Moquegua), ha determinado que durante el periodo de evaluación 10 de julio al 31 de diciembre a nivel diario el índice de radiación UV presenta el siguiente comportamiento: nivel de riesgo bajo desde las 00:00 h hasta las 06:00 h, moderada a las 07:00 h, muy alta a las 08:00 h, extremadamente alta desde las 09:00 h hasta las 13.00 h, muy alta a 14:00 h, moderada a las 15:00 h y baja desde las 16:00 h hasta finales del día.

A nivel multianual diario estacional, se ha determinado que durante las estaciones de verano y primavera se registra índices de radiación UV

de 6 a 11, durante el periodo horario de 09:00 h a 15:00 h, caracterizado como nivel de riesgo de exposición extremadamente alta, muy alta y alta; e índices de 1 a 5 durante el periodo 07:00 h a 09:00 h, y 15:00 h a 17:00 h, caracterizado como nivel de riesgo de exposición moderado y baja, mientras que en las estaciones de otoño e invierno se registra índices de radiación UV de 5 a 7 durante el periodo horario de 11:00 h a 14:00 h, caracterizado como nivel de riesgo de exposición alta, y índices de 1 a 4 durante el periodo 07:00 h a 11:00 h, y 14:00 h a 17:00 h, caracterizado como nivel de riesgo de exposición moderado y baja.

Según estudio de Comportamiento de la radiación ultravioleta (UV-B) en Chile. Dirección de meteorológica de Chile (2008). La radiación ultravioleta que llega a la superficie diariamente, posee una distribución normal, con valores máximos en las horas centrales del día, correspondiente a los mayores ángulos cenitales solares, es decir, cuando los rayos solares se reciben con mayor perpendicularidad; según la estación de Iquique, así se tiene que, durante el verano se registra índices altos de 6 a 12 durante el periodo horario de 10:00 h a 16:00 h, considerado con niveles de riesgo alto, muy alto y extremos; de igual forma durante el invierno se registra índices altos de 3 a 5 durante el periodo horario de 11:00 h a 16:00 h, considerado con niveles de riesgo moderado.

Según estudio: Análisis del comportamiento estacional en diferentes sectores de la región Piura, costa norte del Perú (2015), en relación al comportamiento diario del índice de radiación UV-B indica que de forma progresiva se intensifica sus niveles entre las 11:00 h a 14:30 h (tiempo de mayor cuidado de sobre exposición solar que se debe tener sobre la piel). Los valores máximos de radiación ultravioleta se registran en torno al mediodía solar niveles alto y muy alto. Este comportamiento se debe al hecho de que el ángulo cenital solar y, por tanto, el camino que la radiación recorre a través de la atmósfera logra alcanzar la superficie donde sus valores son mínimos al iniciar la mañana y máximos al medio día.

5.5 Contrastación de hipótesis

Según los resultados obtenidos lleva a indicar que la hipótesis planteada es verdadera, toda vez que se ha cuantificado y caracterizado la radiación ultravioleta B para el periodo 2012 – 2014 sobre la ciudad de Tacna con índices de radiación UV-B a nivel diario, mensual, interanual y estacional que presentan niveles de riesgo para salud de la población, con lo cual será factible elaborar un plan de gestión de protección y prevención a la radiación ultravioleta UV-B en la ciudad de Tacna, que permitirá establecer medidas preventivas para minimizar y mitigar los efectos adversos en la salud de la población.

CONCLUSIONES

1. Los índices de radiación ultravioleta B que incidieron en la ciudad de Tacna para el periodo 2012-2014 registraron valores 8; 10; 11 y 12 que exceden los estándares según la escala recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), llegando a niveles de riesgo de radiación caracterizados como alta, muy alta y extremadamente alta, esto debido a su ubicación geográfica, condiciones atmosféricas y al deterioro de la capa de ozono en esta región sur del Perú.
2. Los índices máximos de radiación ultravioleta B para el periodo 2012-2014 a nivel horario se registraron con valores entre 8 y 10 alrededor del medio día entre las 11:00 h a 13:00 h con niveles de riesgo muy alta, mientras que a nivel mensual el índice de radiación ultravioleta B se registró 11 en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre con nivel de riesgo extremadamente alta.

3. A nivel estacional los índices de radiación ultravioleta B incidente en la ciudad de Tacna durante el periodo 2012 - 2014, se registraron valores de 9 y 12 con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta durante la estación de verano. En la estación de otoño se observó un descenso con índices de 6 y 4 presentando nivel de riesgo alto y moderado. Durante la estación de invierno, los índices de radiación ultravioleta B fueron 2 y 5 con niveles de riesgo bajos y moderados. Finalmente, la estación de primavera registró valores de 7 y 9 con niveles de riesgo alto y muy alto, respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Considerando que se ha cuantificado y caracterizado elevados índices de radiación ultravioleta UV-B registrados en la ciudad de Tacna durante el periodo 2012-2014 con niveles de riesgo muy alta y extremadamente alta, se recomienda a las autoridades implementar un plan de protección y prevención y la instalación de la masiva arborización en parques y avenidas que no permitan el paso de los rayos ultravioleta y se tengan lugares sombreados, esto con la finalidad de mitigar los efectos adversos de la radiación ultravioleta y proteger la salud de la población.
2. Asimismo, se recomienda a la población en general minimizar la exposición al sol en horas de máxima radiación entre las 10:00 h a 16:00 h durante todo el año, utilizar sombreros de ala ancha, sombrillas, lentes de sol cuyos cristales absorban la RUV y el uso de protectores solares.

3. Siendo necesario una permanente vigilancia y una adecuada evaluación de los riesgos a los que están expuestos la población de la ciudad de Tacna y a fin de generar información de radiación ultravioleta se recomienda a la institución oficial SENAMHI instale una red regional de estaciones de medición de RUV que permitirá monitorear el comportamiento del índice de radiación ultravioleta IUV en las diferentes localidades.

4. Igualmente se recomienda a los futuros investigadores, realizar estudios de investigación científica espectrales de la radiación ultravioleta a efectos de cuantificar en porcentaje el tipo de radiación UV incidente sobre cada región territorial, el mismo que permitirá hacer ajustes asociados a factores tomados en cuenta en el pronóstico del SENAMHI que incluyan aerosoles atmosféricos y contaminación atmosférica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Protección Ambiental (EPA) (2001). Guía SunWise para la exposición al sol: El Sol, la radiación ultravioleta y usted. Washington, Estados Unidos: EPA.

Agencia de Protección Ambiental (EPA) (2001). Guía para el Programa Escolar SunWise. Washington, Estados Unidos: EPA.

International Solar Energy Society. (1978). Solar Energy. Volumen 21 - ISSUE 3. Germany, Alemania.

Aguilera J., Perez, A., (2014). Determinación de la dosis eritemática mínima y reacciones anómalas a radiación ultravioleta A según fototipo. España.

Bastian Granados, Carlos. (2012). Las tormentas solares originan los desastres naturales. Lima, Perú: Editorial UNMSM.

Bérriz L., Álvarez M., 2008. Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares. La Habana, Cuba: Editorial CUBASOLAR.

- Calle A, M. Pérez y J. L. Casanova. (1998). Estudio y análisis de la irradiancia eritmética a partir de datos de ozono TOMS. Revista de Teledetección N°9, pag.1-7.
- Chasseriaux, J. A. (1990). Conversión Térmica de la Radiación Solar. Argentina: Librería Agropecuaria S.A. (Primera Edición).
- Ccora Tuya, Orlando. (2011). Manual de Operación y Funcionamiento del Equipo de Radiación Ultravioleta Uv-Biometer Solar Light Modelo 501. Lima, Perú.
- Ccora Tuya, Orlando. (2011). El Ozono y la Radiación Ultravioleta. SENAMHI. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.
- Dedios Mimbela Ninell Janett. (2015). Radiación Ultravioleta. Análisis de su Comportamiento Estacional en Diferentes Sectores de la Región Piura. Costa Norte del Perú. Ing. USB Med, Vol. 7, N° 1.
- Dirección Regional de Salud Moquegua. (2010). Evaluación de la radiación ultravioleta en la región Moquegua. Programa de Vigilancia de la Calidad del aire y RUV. Moquegua, Perú.
- Dirección Meteorológica de Chile. (2008). Comportamiento de la radiación ultravioleta (UV-B) en Chile. Santiago, Chile.

- Febres Mostacero, Erick. (2015). Caracterización de polos como medios de protección contra la radiación solar UV en una empresa pecuaria. Tesis. UNI. Lima Perú.
- Fernández Delgado, José M. (2010). Guía Completa de la Energía Solar Térmica y Termoeléctrica. Madrid, España: AMV Ediciones.
- Fernández Diez, Pedro (2009). Procesos termo solares en baja, media y alta temperatura. España: <http://libros.redsauce.net/>
- González, M., Tamayo, M., Sánchez, A. (2009). La Radiación Ultravioleta, su Efecto Dañino y Consecuencias para la Salud Humana. Revista THEORIA Vol. 18 (2), pag.69-80.
- Guevara Vásquez Sixto. (2003). Diseño del sistema de calentamiento Solar de agua. OPS/CEPIS/03.87. Lima, Perú.
- Gueymard C. (2003). Direct solar transmittance and irradiance predictions with broadband models. Part II: validation with high-quality measurements. Solar Energy 74: 381-395.
- Guillermo Quiroz Álvarez, (2000). Descenso del Ozono sobre América Central. Costa Rica: Instituto de Costas. <http://www.monografías.com>.

Grossi H., Gallegos, R. Lopardo, G. Atienza, M. García y M. Peralta, (1986).

Distribución de la energía solar en la región meridional de América del Sur, en Memoria Técnica del 5° Congreso Latinoamericano de Energía Solar, Valparaíso, Chile.

Grossi Gallegos Hugo. (1986). Disponibilidad y características de la radiación solar en Sudamérica. Grupo de Estudios de la radiación solar. Cap. 6, recuperado de <http://www.gersolar.unlu.edu.ar>.

Hernández R., Fernández C., Baptista L., (2007). Fundamentos de metodología de la investigación. Madrid, España: Mc Graw Hill Interamericana de España.

Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2014). Índice UV (UVI) Información y soporte científico. Recuperado de <http://www.imc.ec.cr>.

Lucano M., Fuentes I., (2010). Evaluación del Potencial de Radiación Solar Global en el departamento de Cochabamba utilizando Modelos de Sistemas de Información Geográfica e Imágenes Satelitales. Revista Boliviana de Física, V16, 13-21. recuperado de <http://www.revistasbolivianas.org.bo>.

Ministerio de Salud. (2011). Guía Técnica Radiación Ultravioleta de Origen Solar. Santiago, Chile.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2003). Guía práctica. Índice
Ginebra, Suiza: OMS.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1993). Compendio de
apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del
personal meteorológica de las clases III y IV- OMM N° 622. Ginebra,
Suiza: OMM.

OMM; WMO; PNUE; UNEP (1997, 2000, 2008): Impactos Regionales del
Cambio Climático, Grupo Intergubernamental de expertos sobre el
Cambio Climático (IPCC). Ginebra, Suiza: Informe Especial del IPCC

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1990). Guía de Instrumentos
Meteorológicos y Métodos de Observación Meteorológicos -WMO-N°
8. Ginebra, Suiza: OMM.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) (2011). Guía de Prácticas
Climatológicas OMM N° 100. Ginebra, Suiza: OMM.

Plasencia Sánchez, E., Tacza Ordoñez, J.y Astudilla Capcha, J. (2014)
Monitoreo del Ozono Estratosférico en Marcapomacocha Informe
Anual 2014. (J. Ordoñez Gálvez, Ed.) Lima, Perú.

Polo Bravo, C. (2013). Potencial Energético Solar y su Impacto Ambiental
en la Región Tacna. (Tesis de Maestría). Universidad UNJBG, Tacna.

Rojas E., Rivas M., (2017). Índice solar ultravioleta y espesor de la capa de ozono en Arica norte de Chile. *Interciencia* vol. 42, N°2. Pág. 115-118.

Rivas M., Rojas E., Méndez j., Contreras G. (2014). Dosis eritémicas, sobrexposición a la radiación solar ultravioleta y su relación con el cáncer de piel en Arica, Chile. *Interciencia* vol. 39, N°7. Pág. 506-510.

SENAMHI, MINEM. (2002). Atlas de Energía Solar del Perú. Proyecto PER98/G31. Lima, Perú.

SENAMHI, Dirección Regional Tacna y Moquegua. (2013, 2014, 2015). Boletín de Radiación Ultravioleta de Moquegua. Tacna, Perú.

SENAMHI. (2016). Pronóstico del Índice de Radiación Solar Ultravioleta a nivel nacional. Nota Técnica 002-2016-SENAMHI. Lima, Perú.

Solís Gutiérrez. (2005). Tecnologías para procesar alimentos con energía solar, cocinas, hornos, destiladores, pasteurizadores y secadores solares (Tesis de Maestría). Universidad de Zaragoza, España.

Sociedad Peruana de Dermatología. (2014). Dermatología Peruana. Revista Oficial de la Sociedad de Dermatología Peruana, Vol. 24 N°1.

Shyam S. Nandwani. (2005). Energía solar-conceptos básicos y su utilización. Profesor Laboratorio de Energía Solar, Departamento de Física, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Solar Light Co. Inc. (2006). Manual del usuario UV -Biometer Mod. 501. Philadelphia. USA.

Wright, J. y H. Marengo. (1992). Mediciones experimentales de la radiación ultravioleta en el rango 295 nm a 385 nm en Costa Rica. Revista GEOFISICA No.36, 135-150. México, D.F.

Zaratti, Francesco. (2003). La Radiación Ultravioleta en Bolivia (OPS/OMS) Laboratorio de Física de la Atmósfera. La Paz Bolivia.

ANEXOS

Esquema de recolección de datos del instrumento de radiación Ultravioleta B. en la ciudad de Tacna

