



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Distribución vertical de ozono troposférico y su relación con la absorción ultravioleta sobre tres localidades de la ciudad de Quito

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

Licenciada en Ciencias Ambientales y Eco Desarrollo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4: Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales.

Sublínea: Ambiente y Biodiversidad

AUTORA: Ivis Yomira Rodríguez Ortega

ASESOR: Mgs. Ibeth Chiluza Jácome

IBARRA, Noviembre – 2022



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 29 de noviembre de 2022

ASESOR: Mgs. Ibeth Chiluita Jácome

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f:)

ASESOR: Mgs. Ibeth Chiluita Jácome

C.C.: 1804088316



PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f):

Mgs. Ibeth Chiluiza Jácome

C.C.: 1804088316

(f):

Mgs. Edmundo René Recalde Posso

C.C. 1001774494

(f):

Mgs. Diego Mejía

C.C.: 1001912961



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Ivis Yomira Rodríguez Ortega, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 29 de noviembre de 2022

(f):

Ivis Yomira Rodríguez Ortega

C.C.: 0401888987



AUTORÍA

Yo, Ivis Yomira Rodríguez Ortega, portador de la cédula de ciudadanía N° 0401888987, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'IVIS RODRIGUEZ', is written over a horizontal line.

(f):

Ivis Yomira Rodríguez Ortega

C.C.: 0401888987



DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Ivis Yomira Rodríguez Ortega, con CC: 0401888987, autor del trabajo de grado titulado: Distribución Vertical de Ozono Troposférico y su Relación con la Absorción Ultravioleta sobre tres Localidades de la Ciudad de Quito., previo a la obtención del título profesional de Licenciatura en Ciencias Ambientales y Eco Desarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 29 de noviembre de 2022

(f.).....

Ivis Yomira Rodríguez Ortega

C.C. 0401888987



**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA
ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: “”, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 06 de octubre del 2022.

Para constancia firma

(f.).....

Ivis Yomira Rodríguez Ortega



DEDICATORIA

Este trabajo es dedico para todas las personas más importantes de mi vida.

A mis padres Susana y Enrique, por siempre brindarme su amor y apoyo incondicional durante toda esta etapa recorrida.

A mis hermanos Luis y Enrique que siempre los llevo en mi corazón.

A mi mejor amiga Melani que siempre estuvo a mi lado apoyándome durante este proceso.

A Jhon que desde el día uno de esta linda travesía estuvo conmigo y por último a todas las personas que de una u otra forma han estado pendientes de mí.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la vida y guiar mis pasos.

A la Ing. Ibeth Chiluzza, directora de tesis que siempre estuvo pendiente de todo este proceso.

A mis profesores por sus enseñanzas, personal y profesional brindada durante todos estos años de la carrera.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, por formarme como profesional y buen ser humano.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS.....	i
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iii
AUTORÍA.....	iv
DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I.....	3
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO II	5
OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo General.	5
2.2 Objetivos Específicos.	5
2.3 Pregunta Directriz	5
CAPITULO III.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1. La Atmósfera.....	6
3.1.1. Descripción.....	6
3.1.2. Propiedades de la Atmósfera.....	6

3.1.3.	Composición y Estructura Vertical de la Atmósfera	7
3.1.3.1.	Tropósfera	7
3.1.3.2.	Estratósfera.....	7
3.1.3.3.	Mesósfera.....	8
3.1.3.4.	Termósfera	8
3.2.	El Ozono.....	8
3.2.1.	Definición.....	8
3.2.2.	Ozono Troposférico	8
3.2.3.	Ozono Estratosférico.....	9
3.2.4.	Distribución.....	9
3.3.	Formación y Destrucción	10
3.4.	Dinámica	10
3.5.	Capa de ozono.....	10
3.6.	Agujero de Ozono.....	11
3.7.	Técnicas de Medición del Ozono Troposférico	12
3.7.1.	Métodos de Medida en Continuo.....	12
3.7.1.1.	Quimioluminiscencia en fase gas	13
3.8.	Sustancias Precursoras de Ozono troposférico.....	15
3.9.	Radiación UV.....	15
3.9.1.	Radiación Solar	15
3.9.2.	Distribución Espectral de la Radiación Solar.	16
3.9.3.	Tipos de Radiación UV.....	17
3.9.4.	Factores que Influye en los Niveles de Radiación UV.	18
3.9.5.	Medición de la radiación ultravioleta.....	19
3.9.6.	Equipos para la medición de la radiación ultravioleta	20

3.10.	Índice UV.....	21
3.11.	El Índice ultravioleta, medición y calculo.	21
3.12.	Ozono estratosférico y radiación ultravioleta	23
3.13.	Ozono troposférico y radiación ultravioleta.....	24
3.14.	Ozono troposférico, nubosidad y radiación ultravioleta	24
3.15.	Norma de calidad del aire.....	24
3.15.1.	Contaminantes del aire	24
3.16.	Software Excel	26
3.18.	Software ArcGIS.....	27
3.19.	Correlación y Coeficiente de Pearson	27
3.20.	Coeficiente de Spearman.....	28
3.21.	Plan de Acción	28
CAPITULO IV		29
MATERIALES Y MÉTODOS		29
4.1.	Área de estudio, climatología y población	29
4.1.1.	Breve descripción de los Escenarios de Estudio	29
4.1.2.	Climatología.....	31
4.1.3.	Población	32
4.1.4.	Comercialización.....	32
4.2.	Métodos Utilizados en la Investigación	33
4.3.	Etapas 1 Recopilación de Información	34
4.4.	Etapas 2 Obtención de Datos.....	34
4.6.	Métodos automáticos de medición de ozono troposférico	38
4.7.	Método para la medición de Ozono troposférico.....	39

4.8. Método de medida: Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (reacción de color MBTH).....	39
4.9. Método de medida de : Absorción de luz ultravioleta	39
4.10. Radiación UV.....	40
4.11. Software Excel y XLSTAT.....	40
4.12. Métodos de correlación	42
4.12.2. Definición de variables.....	43
4.13. Etapa 3 Planteamiento del Plan de Acción.....	44
CAPITULO V.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1. Correlación de Datos Anuales por el Método Pearson y el Método Spearman ...	45
5.2. Mapas Temáticos sobre Ozono Troposférico y Radiación Ultravioleta.	59
5.3. Plan de Acción	69
5.4. DISCUSIÓN.....	72
CAPITULO VI.....	74
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
CAPITULO VII.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
8. ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de radiaciones y sus características a diferentes longitudes de onda.....	17
Tabla 2: Longitud de Onda	22
Tabla 3: Índice Ultravioleta	23
Tabla 4: Concentraciones de Contaminantes en el Aire	26
Tabla 5: Datos de las Estaciones Atmosféricas del Distrito Metropolitano de Quito.	29
Tabla 6: Detalle de los analizadores de gases y partículas de la REMMAQ.....	35
Tabla 7: Tabla para Interpretación del Coeficiente de Pearson y Spearson.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Propiedades Físicas de la Atmósfera.....	6
Figura 2: Propiedades Químicas de la Atmósfera.....	7
Figura 3: Rango de Indicadores de Ozono.....	9
Figura 4: Medidor de Ozono Pasivo	14
Figura 5:Espectro electromagnético de la radiación.	16
Figura 6: Escala del Índice UV (EPA).....	19
Figura 7: Índice de Radiación UV de Quito	20
Figura 8: Diagramas de dispersión del Coeficiente de correlación de Pearson	28
Figura 9: Ubicación geográfica de la zona de estudio	31
Figura 10: Datos de Pearson Obtenidos con el Software XLSTAT	41
Figura 11: Datos de Spearman Obtenidos con el Software XLSTAT	42
Figura 12: Interpolación.....	44
Figura 13: Correlación entre el promedio anual de Ozono vs el promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro, año 2017.	45
Figura 14: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao, año 2017.....	46
Figura 15: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Guamaní, año 2017.....	47
Figura 16: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2018.	48
Figura 17: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao, año 2018.....	49
Figura 18: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Guamaní año, 2018.....	50
Figura 19: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2019.	51
Figura 20: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao año, 2019.....	52
Figura 21: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Guamaní año, 2019.....	53

Figura 22: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2020.	54
Figura 23: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao año, 2020.	55
Figura 24: Histograma e Histograma acumulativo de Ozono de la Estación Guamaní año 2020.	56
Figura 25: Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2021.	56
Figura 26: Correlación entre datos de promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao año 2021.	57
Figura 27: Histograma e Histograma acumulativo de Ozono de la Estación Guamaní año 2021.	58
Figura 28: Mapa del Pronóstico Anual de Ozono 2017.	59
Figura 29: Mapa del Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2017.	60
Figura 30: Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2018.	61
Figura 31: Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2018.	62
Figura 32: Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2019.	63
Figura 33: Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2019.	64
Figura 34: Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2020.	65
Figura 35: Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2020.	66
Figura 36: Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2021.	67
Figura 37: Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2021.	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Oficios enviados a la secretaria del Ambiente.	81
Anexo 2. Oficio enviado al Instituto Geográfico Militar.....	83

RESUMEN

En esta investigación se analiza la distribución del ozono troposférico en la ciudad de Quito mediante la utilización de los datos de diferentes estaciones meteorológicas que se encuentran en dicha ciudad. El ozono se encuentra tanto en la tropósfera como en la estratósfera, en la primera capa se considera un contaminante secundario, es decir no se libera directamente a la atmósfera, sino que consta de reacciones muy complejas como impurezas relacionadas con óxidos de carbono, nitrógeno, hidrocarburos y radiación solar. El ozono estratosférico se encuentra a una altitud de 25 a 50 km sobre la superficie terrestre, forma la capa de ozono y es un filtro natural. Protege de los dañinos rayos ultravioleta que emite la capa de ozono del sol en la estratósfera, aunque la concentración de ozono es de apenas 0,2 ppm, juega un papel muy importante en el desarrollo de la vida en el planeta: la absorción de una gran parte de los rayos ultravioleta que llegan a la tierra protege a los organismos vivos de quemaduras y previene el calentamiento atmosférico evitando que llegue demasiada radiación a la Tierra. La radiación solar en la parte superior de la atmósfera tiene una longitud de onda más corta que la luz visible. La radiación llamada ultravioleta, es de tres series; la longitud de onda corta, conocida como luz UV-C, la cual está completamente bloqueada por el oxígeno y el ozono en la tropósfera; la longitud de onda media, o también llamada radiación UV-B, es parcialmente absorbida por el ozono mientras que la longitud de onda más larga es la UV-A. Este trabajo da una visión general de la distribución del ozono troposférico y su relación con la radiación UV. Con los datos obtenidos de la secretaria del Ambiente se procede a realizar un análisis estadístico con los promedios anuales de Ozono troposférico y Radiación UV, mediante la utilización de softwares como Excel y XLSTAT, con el programa ArcGIS se realizó mapas temáticos y por último se plantea un plan de acción dirigido a toda la población del Distrito Metropolitano de Quito.

Palabras clave: Ozono troposférico, Ozono estratosférico, Radiación UV, Excel, XLSTAT, ArcGIS.

ABSTRACT

This research analyzes the distribution of tropospheric ozone in the city of Quito using data from different meteorological stations located in the city. Ozone is found both in the troposphere and in the stratosphere, in the first layer it is considered a secondary pollutant, that is, it is not released directly into the atmosphere, but consists of very complex reactions such as impurities related to carbon oxides, nitrogen, hydrocarbons and solar radiation. Stratospheric ozone is found at an altitude of 25 to 50 km above the earth's surface, forms the ozone layer and is a natural filter. It protects from the harmful ultraviolet rays emitted by the sun's ozone layer in the stratosphere. Although the concentration of ozone is only 0.2 ppm, it plays a very important role in the development of life on the planet: absorbing a large part of the ultraviolet rays that reach the earth protects living organisms from burns and prevents atmospheric warming by preventing too much radiation from reaching the earth. Solar radiation at the top of the atmosphere has a shorter wavelength than visible light. The radiation, called ultraviolet radiation, is of three series; the short wavelength, known as UV-C light, which is completely blocked by oxygen and ozone in the troposphere; the medium wavelength, or also called UV-B radiation, is partially absorbed by ozone while the longest wavelength is UV-A. This paper gives an overview of the distribution of tropospheric ozone and its relation to UV radiation. With the data obtained from the Secretary of the Environment, a statistical analysis is made with the annual averages of tropospheric ozone and UV radiation, using software such as Excel and XLSTAT, with the ArcGIS program thematic maps were made and finally an action plan is proposed for the entire population of the Metropolitan District of Quito.

Key words: Tropospheric ozone, Stratospheric ozone, UV radiation, Excel, XLSTAT, ArcGIS.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se la realizo tomando en cuenta su objetivo principal como fue el plantear un plan de acción en base a los resultados obtenidos de Ozono y Radiación UV, para de esta forma alertar a la población del Distrito Metropolitano de Quito. La capa de ozono protege la vida del plante de la dañina radiación ultravioleta. Sin embargo, algunos contaminantes son originados de manera antrópica, los cuales son emitidos a la atmósfera destruyen el ozono, originado una disminución del mismo.

Ecuador es uno de los países más afectados por la destrucción de la capa de ozono debido a su posición geográfica. A estar sobre la línea ecuatorial se localiza tanto en el hemisferio norte como en el sur, a medida que la luz solar llega a los polos va disminuyendo su intensidad, impactando con más fuerza sobre la línea ecuatorial. En una observación reciente de las imágenes satelitales se pudo establecer que en la parte sur la perdida de ozono (Agencia Espacial Civil Ecuatoriana, 2008).

Mediante investigaciones realizadas anteriormente, se ha observado que uno de los problemas ambientales más graves que se deben enfrentar en la actualidad es la destrucción de la capa de ozono, en los últimos años se ha podido evidenciar que la capa de ozono, ha disminuido creando un verdadero agujero, que en algunos lugares ha producido disminución de hasta el 60% en la cantidad de ozono estratosférico.

Esto ha ido ocurriendo debido a la acumulación progresiva de Clorofluorocarbonos (CFC), los cuales son continuamente expulsados a la atmósfera por los procesos industriales. Por las distintas características que tiene el viento en la atmósfera, estos compuestos se van acumulando en la Zona Antártica generando el tan conocido Agujero de Ozono.

Las metodologías que se aplican en esta investigación son: la modalidad descriptiva la cual se encarga de puntualizar características de la población de estudio; y la metodología bibliográfica necesaria para la cimentación de la estructura de la investigación, a través de la utilización de bases

de datos de la distribución del ozono proporcionadas por la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito.

Mediante esta investigación se pretende determinar la relación existente entre el ozono troposférico y la radiación ultravioleta en tres localidades de la ciudad de Quito mediante la utilización del programa ArcGIS, y la utilización de métodos estadísticos como son Pearson y Spearman para poder determinar su distribución vertical, y a su vez realizar un Plan de Acción con los resultados obtenidos.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Plantear un Plan de Acción basándose en la distribución vertical de ozono troposférico y su relación con la absorción ultravioleta, mediante la utilización de la herramienta de ArcGIS, para poder alertar a la población en caso de sobrepasar los límites permisibles de Ozono (O₃).

2.2 Objetivos Específicos.

1. Recopilar datos documentados, en los que se podrá establecer la relación existente entre el ozono troposférico y la absorción ultravioleta.
2. Evaluar la distribución vertical, del ozono troposférico y en relación con la absorción ultravioleta, mediante el uso de la herramienta ArcGIS.
3. Proponer un Plan de Acción, mediante la utilización de datos obtenidos de la distribución vertical, para poder alertar a la población cuando los límites permisibles hayan sido sobrepasados de Ozono (O₃)

2.3 Pregunta Directriz

¿La relación existente entre el ozono troposférico y la absorción ultravioleta en la zona Ecuatorial, no deberá exceder más de 100 µg/m³ en un promedio de ocho horas más de una vez en un año?

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. La Atmósfera

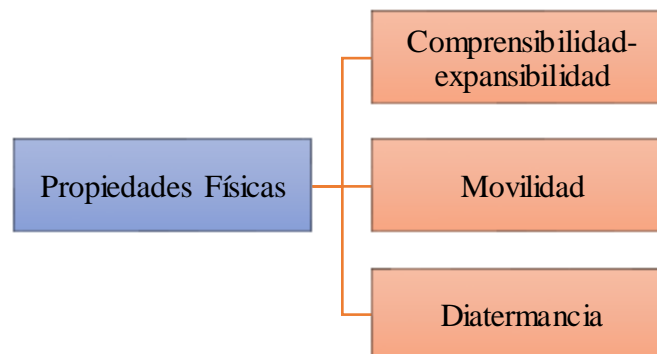
3.1.1.Descripción

La atmósfera es una capa de gas de unos 10.000 km de espesor que rodea a la litósfera y la hidrósfera. Se compone de nitrógeno molecular (N_2) y oxígeno (O_2), con pequeñas cantidades de vapor de agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2), así como sólidos en suspensión y líquidos atraídos por la gravedad de la Tierra. En esta capa tienen lugar todos los fenómenos climáticos y meteorológicos que afectan al planeta, regulan el flujo de energía hacia y desde la Tierra y son los principales medios de intercambio de calor. La atmósfera presenta una composición uniforme en sus primeros niveles y está estructurada en capas horizontales con características definidas (Universidad de Murcia, 2015).

3.1.2. Propiedades de la Atmósfera.

Figura 1

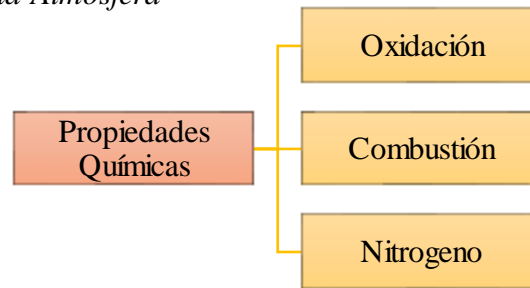
Propiedades Físicas de la Atmósfera



Nota: Elaborada por el Autor.

Figura 2

Propiedades Químicas de la Atmósfera



Nota: Elaborada por el Autor.

3.1.3. Composición y Estructura Vertical de la Atmósfera

Según la publicación de (Camilloni & Vera, 2019) mencionan que la atmósfera puede ser dividida en una serie de capas en función de la variación de la temperatura con la altura.

3.1.3.1. Tropósfera

Es la capa más cercana a la superficie terrestre, posee una elevación media de hasta 12 km, un máximo de 19 km en latitudes ecuatoriales y un mínimo de 9 km en los polos, con un descenso medio de la temperatura cada 6,5°C. Esta capa contiene el 80% de la masa de toda la atmósfera, y constituye el espacio donde se producen los fenómenos meteorológicos más importantes de la misma.

3.1.3.2. Estratósfera

Es una de las capas de la atmósfera terrestre y se encuentra entre la troposfera y la mesosfera, la altura a la que comienza es variable, en las regiones polares a menor altura, entre 6 y 9 km o más; y en las regiones ecuatoriales entre 16 y 20 km y se extiende hasta los 50 km de altura aproximadamente. Las concentraciones de masa atmosférica en la estratósfera inferior y superior son muy bajas, y alrededor del 99 % de la masa se concentra por debajo de los 30 km.

3.1.3.3.Mesósfera

La temperatura disminuye con la altitud, alcanzando un máximo de 80 km sobre el nivel del mar, y las temperaturas mesozoicas rondan los -90°C , en esta capa tienen lugar varias reacciones químicas y conversiones de energía.

3.1.3.4.Termósfera

La termósfera o también llamada ionosfera es la cuarta capa de la atmósfera, está ubicada por encima de la mesósfera y debajo de la exósfera, cuya extensión comienza aproximadamente entre 80 y 120 kilómetros de la Tierra, prolongándose hasta entre 500 y 1000 kilómetros de la superficie terrestre. En ella tienen lugar abundantes procesos de ionización en los cuales se originan grandes concentraciones de electrones libres (Camilloni & Vera, 2019).

3.2. El Ozono

3.2.1. Definición

El ozono es un gas incoloro que se encuentra en el aire que respiramos, puede ser bueno o malo, dependiendo de donde se encuentre. El ozono es una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno. Se la encuentra en dos capas de la atmósfera: en la estratosfera, que oscila entre 10 y 50 km, y en la troposfera, entre 0 y 10 km (Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, 2012).

El ozono estratosférico es diferente al ozono troposférico o superficial: El ozono troposférico es producido por las emisiones provenientes de la industria y del tránsito en combinación con condiciones meteorológicas específicas. Es parte del smog fotoquímico y, por ser un gas irritante, puede causar problemas respiratorios especialmente en las personas mayores y en los niños pequeños, como así también daño a las plantas (Ministerio de Ambiente Uruguay, 2020).

3.2.2. Ozono Troposférico

El Ozono troposférico es un gas que pertenece al grupo de los contaminantes secundarios y tiende a generarse mediante reacciones fotoquímicas en presencia de rayos UV. Esta formación tiene

lugar mediante la interacción de elementos primarios presentes en la atmósfera; óxidos de nitrógeno (NO, NO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV) (Portolés, 2001).

3.2.3. Ozono Estratosférico

El ozono estratosférico se encuentra presente entre los 25 y 50 km desde la superficie de la Tierra donde inicia la formación de la capa de ozono, dentro de esta zona se tiene presencia del elemento, donde muestra valores desde los 0.2ppm. Este compuesto tiene la capacidad de captar las emisiones de rayos (UV) las cuales ingresan al planeta (Martínez, 2017).

Figura 3

Rango de Indicadores de Ozono

Rango	Categoría	O ₃ ^b
0–50	Nivel deseable u óptimo	0–50
51–100	Nivel aceptable o bueno	51–100
101–200	Nivel de precaución	101–200
201–300	Nivel de alerta	201–400
301–400	Nivel de alarma	401–600
401–500	Nivel de emergencia	>600

Nota: Extraído de (Díaz Suárez et al., 2018). Esta imagen se puede observar los rangos permisibles según las categorías del IQCA para el Ozono.

3.2.4. Distribución

La mayor parte del ozono se produce naturalmente en la estratósfera, entre 19 y 30 kilómetros sobre el nivel del mar, sobre la superficie de la Tierra, y constituye más del 91% de todo el ozono en la atmósfera. Esta zona de aire rico en ozono se conoce como capa de ozono y varía según la estación y la ubicación geográfica. El 9% restante se encuentra en la atmósfera inferior, la tropósfera, como resultado de la reacción de la luz solar con compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NO_x), algunos de los cuales son generados por la actividad humana. Esto sucede a menudo en las grandes ciudades y es un componente del smog (Fahey, 2002).

3.3. Formación y Destrucción

En la estratosfera el ozono se forma principalmente por acción de la radiación solar sobre el oxígeno atmosférico, las moléculas de oxígeno se rompen en sus átomos de disociación radiactiva que se recombinan posteriormente en forma de moléculas de ozono. Por el contrario, el ozono que está presente en las proximidades del suelo tiene su origen principalmente en las reacciones químicas que se producen en la propia troposfera a partir de otros contaminantes precursores, que reaccionan bajo la acción de la luz solar (reacciones fotoquímicas). Es por ello que se suele referir al ozono como un contaminante secundario no se emite directamente como resultado de una actividad concreta de origen fotoquímico (Mantilla et al., 2010).

El proceso de la destrucción de la capa de ozono comienza con la emisión en la superficie de la tierra, de gases que son fuente de compuestos halogenados que contienen principalmente cloro y bromo. Los CFC's y los halones son los principales gases originados por el hombre que destruyen el ozono estratosférico. Estos compuestos que se emiten en las latitudes medias y en especial en el hemisferio norte, son arrastrados hacia las latitudes tropicales y se acumulan en la troposfera debido a que en esta región de la atmósfera la mayoría de ellos son poco reactivos y se distribuyen uniformemente debido a la circulación del viento y a la convección de aire caliente (Instituto de Hidrología, 2008).

3.4. Dinámica

La distribución del ozono en la atmósfera no solo depende de las producciones y pérdidas químicas, sino también de las variaciones producidas por los procesos de transporte, antrópicos e industriales también depende de la dirección del viento. En el caso del ozono, la cantidad de radiación UV en la estratósfera es suficiente como para mantener el tiempo de vida (Instituto de Hidrología, 2008).

3.5. Capa de ozono

Capa que se encuentra en la estratósfera, constituye uno de los fenómenos atmosféricos que han contribuido a crear un entorno ambiental idóneo para el desarrollo de la vida. En la estratósfera, la cantidad de ozono se reduce debido a la reacción del ozono con los contaminantes humanos. En la

tropósfera, bajo la luz solar, el ozono se produce mediante la combinación de óxidos de nitrógeno y oxígeno. Se requieren reacciones periódicas de la luz solar para mantener el ozono en la estratósfera. La radiación solar destruye el enlace de O_2 liberándose, los átomos de oxígeno y combinándose rápidamente con O_2 para formar O_3 (Smith & Smith, 2001).

El resultado es un fino velo de ozono renovable muy concentrado. Estas moléculas de ozono absorben aproximadamente el 99% de la radiación ultravioleta dañina del sol y evitan que llegue a la superficie de la tierra. Al mismo tiempo, la reacción inversa consumirá ozono para formar O y O_2 . En la estratósfera, en condiciones naturales, existe un equilibrio entre la tasa de formación y destrucción del ozono. Sin embargo, recientemente, muchas sustancias químicas de origen humano y algunas sustancias químicas de origen antropogénico en la estratósfera tienen suficiente reactividad para reducir el contenido de ozono. En la tropósfera el ozono aumenta por la combinación del smog fotoquímico y la radiación solar, para poder disminuir las cantidades de ozono se deberá de resumir el uso del transporte y crear estrategias eficientes para las industrias para disminuir sus emisiones atmosféricas (Sánchez, 2016).

Los contaminantes más destructivos en la capa de ozono incluyen: clorofluorocarbonos, gas metano de fuentes naturales y artificiales y óxido nitroso producido por la desnitrificación de fertilizantes nitrogenados sintéticos. El monóxido de cloro se deriva de los clorofluorocarbonos y se utiliza como propulsor en aerosoles, refrigerantes y disolventes (Sánchez, 2016).

3.6. Agujero de Ozono

Farman, et al, (1985) reporta en la revista Nature registros de niveles muy bajos de ozono, con disminución de más del 50% durante la primavera en la Antártida desde el año de 1980, como se sabe, este fenómeno se ha seguido registrando regularmente sobre la Antártida en los meses de septiembre y octubre hasta la actualidad. Los medios de comunicación nombraron el suceso como el agujero de ozono. Es un nombre poco preciso, ya que la capa de ozono no desaparece, sino que se adelgaza considerablemente. Se habla de agujero de ozono cuando los valores de la columna de ozono son menores a 220 UD (Newman, 2005).

Este fenómeno solo ocurre en la Antártida y se produce por la condición climática con la que esta zona cuenta. Sus condiciones hacen que temporalmente el cloro se active y origine una gran

disminución anual de ozono. Además, concentraciones muy bajas de ozono suelen darse en latitudes menores, debido a que en primavera el agujero de ozono se deforma y se elonga. Las frías y fuertes corrientes de aire, menores a -80°C de este oeste, permiten la formación de nubes estratosféricas polares en cuya superficie se forman cristales de hielo que facilitan la destrucción acelerada de ozono, incluso por gases que en otras condiciones no reaccionan con esta molécula (Baird, 2001).

Según la última medición de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), el tamaño del agujero de la capa de ozono en septiembre del 2018 alcanzó 23 millones de km^2 , casi la misma cantidad de superficie que América del norte (24,7 millones de km^2). En la actualidad, no existen indicios de que la capa de ozono se haya recuperado por completo, porque la concentración de gas sigue aumentando y esto hace que deteriore la capa de ozono. Según la NASA, en 2017, el área máxima del agujero de ozono fue de 12,2 millones de km^2 , que es el registro más pequeño desde 1988. Los expertos consideran que el agujero de ozono se reducirá a un cierto nivel, desde 1980 hasta 2070 (Llorente & BBC News Mundo, 2018).

3.7. Técnicas de Medición del Ozono Troposférico

Para la medición de O_3 troposférico existen dos métodos: métodos de medida en continuo y los métodos de medición pasivos.

3.7.1. Métodos de Medida en Continuo

Los gases contaminantes presentes en aire ambiente sometidos a control por legislación, dentro de Ecuador se consideran los siguientes gases son el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, el monóxido de carbono, el ozono y el benceno. Para realizar la medida en continuo de gases contaminantes involucra tres etapas: el muestreo, la técnica de medida efectuada en el analizador y la recogida de la señal. Una de las etapas más importantes es la medida, aunque las otras dos, si no se toman provisiones, pueden ser importantes fuentes de error.

El mantenimiento y calibración periódica de los equipos o analizadores son también actividades básicas para asegurar la calidad analítica de las medidas de concentración efectuadas. Existen dos métodos en continuo de medida de ozono troposférico los cuales son detallados a continuación (Delgado, 2005).

3.7.1.1. Quimioluminiscencia en fase gas

La quimioluminiscencia es una de las técnicas utilizadas para la medida en continuo de ozono en aire ambiente, y se basa en la detección de fotones producidos en la reacción exotérmica entre Etileno (C_2H_4) y Ozono (O_3).

La intensidad de la emisión de luz quimioluminiscente (350-550nm) es igual a la concentración de ozono de la muestra en el aire siempre que el etileno esté en exceso. Otras olefinas alifáticas dan también quimioluminiscencia con ozono, a bajas presiones. La ventaja del sistema etileno-ozono es que, a presiones cercanas a la atmosférica, la emisión quimioluminiscente que se produce es fácilmente detectable, lo que permite simplificar el sistema de captación de muestra (Montoya. A & Tamayo. M, 2013).

3.7.1.2. Fotometría ultravioleta

Este método se utiliza para realizar la medida continua de ozono, la intensa banda de absorción que presenta este gas en la zona ultravioleta del espectro cuyo máximo se ubica muy cerca de la línea de emisión de mercurio en 254nm. Actualmente los analizadores automáticos basados en esta técnica determinan la concentración de ozono en el aire a partir de la relación entre las intensidades de la luz transmitida secuencialmente.

Esta técnica tiene dos ventajas básicas sobre la quimioluminiscencia con etileno, como son una mayor estabilidad de las señales de aire y gas y el hecho de que no requiere reactivos químicos. Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, por ejemplo, un tiempo de respuesta más largo (alrededor de 30 s) y potencial de interferencia de carbonilos o compuestos aromáticos que absorben en la misma región UV y pueden mantenerse nuevamente durante la filtración de ozono en la referencia. ciclos, aunque normalmente las concentraciones de estos compuestos en el aire son muy inferiores a las del ozono. Es necesario corregir para que la temperatura y presión del aire de muestra sea diferente a la temperatura y presión del aire de referencia (0°C y 1 atm) (Delgado, 2005).

3.7.2. Métodos de Medición Pasiva

Una técnica alternativa al uso de un medidor continuo es el receptor pasivo o absorbente , que se ha utilizado para medir contaminantes como SO₂, O₃ y NO₂ ,estos muestreadores, en tubo o placa, recolectan un contaminante específico por su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de la exposición durante un período de muestreo apropiado, que varía de unas pocas horas a un mes, la muestra se devuelve al laboratorio, donde se realiza la desorción del contaminante y luego el análisis cuantitativo (Delgado, 2005)

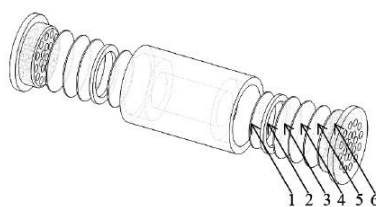
3.7.2.1. Método de Medición Pasivo Ogawa

Los colectores pasivos de gas están sujetos a la ley de Fick, que se relaciona con el flujo de una sustancia gaseosa que viaja desde una región de alta concentración (polaridad apertura del tubo), con el tiempo de contacto y la superficie del colector, en contacto con contaminación. En 1991, en la Universidad de Harvard, se desarrolló el colector de ozono pasivo "Ogawa", que se basa en saturar el filtro del colector con una solución de iones nitrito que reaccionan con el ozono y se oxidan a iones nitrato.

La cantidad de ozono se obtuvo midiendo el tamaño del ion nitrato por cromatografía iónica (Liu et al., 1993). El complejo pasivo de Ogawa constaba de un cuerpo de polímero cilíndrico (2 cm de diámetro × 3 cm de largo) y un gancho dentado (4 × 3 cm). Con dos cámaras en los 11 extremos del cilindro, cada cámara contiene un filtro saturado intercalado entre dos escudos de acero inoxidable. Las cápsulas difusoras cubren los filtros y la malla. (Montoya. A & Tamayo. M, 2013)

Figura 4.

Medidor de Ozono Pasivo



- 1- Almohadilla sólida.
- 2- Anillo de retención de la almohadilla.
- 3- protector inoxidable.
- 4- Filtro de recolección recubierto.
- 5- protector inoxidable.
- 6- Tapa final difusora.

Nota: Extraído de (Montoya. A & Tamayo. M, 2013), en la figura se puede observar los componentes del captador pasivo Ogawa.

3.7.2.2. Método de Medición Pasivo Radiello

El receptor Radiello tiene una geometría radial, lo que permite una tasa de difusión de gas extremadamente alta y constante . El diseño radial permite un área de dispersión más grande, lo que da como resultado una mayor sensibilidad para medir concentraciones de contaminantes.

El sensor pasivo para medición de ozono Radiello está compuesto por un cuerpo difusor cilíndrico y un cartucho de polietileno absorbente microporoso, lleno de DPE (1,2-di(4-dipiridil)etileno) impregnado con gel de sílice. Después de la exposición, el DPE se convierte mediante ozonólisis en un aldehído (4-piridilaldehído). Después del muestreo, se hace reaccionar con una solución ácida de MTBH , dando un azida de color amarillo, se mide su absorbancia. La determinación espectrofotométrica de a una absorbancia de 30 nm está relacionada con el nivel de ozono en el entorno del ambiente (Delgado, 2005).

3.8. Sustancias Precursoras de Ozono troposférico

El ozono térmico se encuentra en las capas inferiores de la atmósfera y se considera un contaminante secundario, ya que no se libera directamente a la atmósfera, sino que se compone de varios precursores (compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM), monóxido de carbono (CO)), y óxidos de nitrógeno (NOx). En menor medida, el metano (CH₄) es producido por procesos de combustión (tráfico e industrial). Bajo la influencia de la luz solar, estos productos químicos reaccionan y provocan la formación de ozono. La luz solar es uno de los principales factores que inciden en estas interacciones, en primavera y verano se alcanzan las concentraciones máximas. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2011)

3.9. Radiación UV.

3.9.1. Radiación Solar

La luz o radiación visible tiene una longitud de onda relativamente estrecha de 400 a 700 nanómetros. El sol emite longitudes de onda superiores a los 700 nanómetros de luz visible eso es radiación infrarroja. Las ondas infrarrojas tienen longitudes de onda entre 1.000 y 1.000.000 de nanómetros. Sin embargo, alrededor del 10% de la energía solar se emite en longitudes de onda

más cortas que la luz visible, es decir, en radiación ultravioleta (UV). Cuanto más caliente es el cuerpo, más corta es la longitud de onda de la radiación (Instituto de Hidrología, 2005).

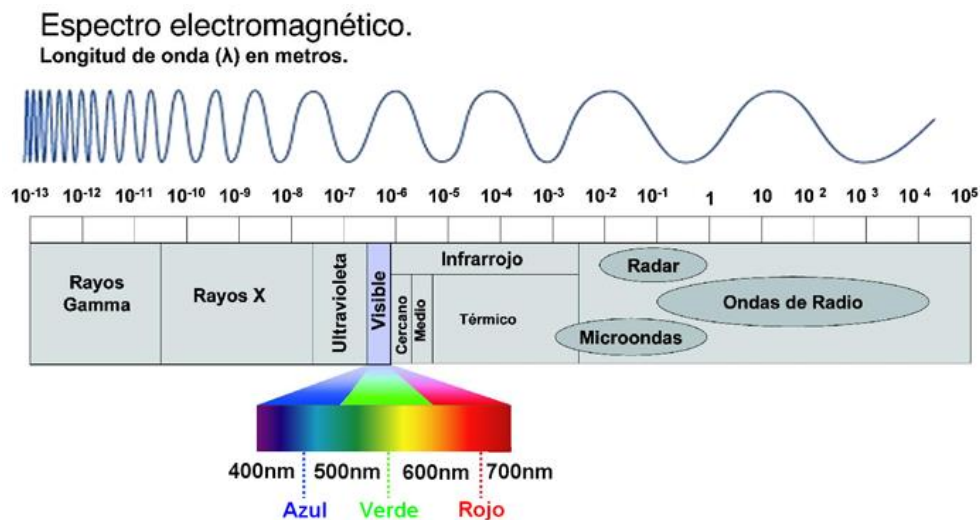
3.9.2. Distribución Espectral de la Radiación Solar.

La energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética o luz electromagnética, son ondas ejecutadas por la oscilación o la aceleración de ondas electromagnéticas, no requieren un medio material para propagarse, por lo que estas ondas tienen la posibilidad de atravesar el espacio interplanetario.

La radiación electromagnética se puede ordenar en diferentes longitudes de onda, como se muestra en la figura 5, donde se prolonga a partir de longitudes de onda corta de billonésimas de metro consideradas como frecuencias bastante altas, hasta longitudes de onda extensa de varios kilómetros consideradas como frecuencias fotón, donde es inversamente proporcional a su longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético (Instituto de Hidrología, 2005).

Figura 5

Espectro electromagnético de la radiación.



Nota: Obtenido de (Instituto de Hidrología, 2005) , esta imagen se puede observar el Espectro electromagnético de la radiación UV y su longitud en metros.

3.9.3. Tipos de Radiación UV

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta, después de atravesar la atmósfera, se debilita por difusión, reflexión y absorción por parte de las nubes y moléculas de gas como el ozono y el vapor de agua. A través de partículas en suspensión, la radiación solar llega a los océanos y continentes, donde es reflejada o absorbida por la superficie terrestre. La radiación absorbida se devuelve al espacio exterior como radiación de la superficie, las ondas largas transportan calor a la atmósfera. Esta radiación ultravioleta (UV) es una forma de energía radiante. La luz invisible cubre el rango de longitud de onda de 100 a 400 nm, generalmente dividido en tres categorías incluyendo la longitud de onda creciente varía de UV-A, UV-B y UV-C (Oswaldo, H., & Ballesteros, B, 2010).

Tabla 1

Tipos de radiaciones y sus características a diferentes longitudes de onda.

Tipo de radiación	Longitud de onda (λ)	Características
UV-C	<290 nm	Absorbido por la capa de ozono y no es compatible con la vida en la Tierra.
UV-B	290-320 nm	Principal causante de cáncer de piel, por penetración en la epidermis.
UV-A	320-400nm	Es la menos dañina de las anteriores, y se requieren de grandes cantidades para que penetre en la epidermis.
Visible Infrarroja	400-700 nm	Estimulan la retina
	700-760 nm	Provocan calor

Nota: (Tomada de Palomar 2011; Guerra 2018). En esta tabla se presentan los diferentes tipos de radiación existentes, la longitud de onda de cada uno y sus características.

Radiación UV-A

La radiación UV-A es el tipo de radiación ultravioleta con menores efectos para la salud y que llega en mayor proporción a la Tierra. También conduce a la formación de radicales libres y reacciones tóxicas y alérgicas a la luz, como las fotos alergias o foto dermatitis. La radiación UV-A también puede dañar la pintura exterior y los plásticos.

Radiación UV-B

La radiación UV-B que llega a la Tierra está fuertemente bloqueada por la capa de ozono, y su longitud oscila entre 280 y 320 nm. La radiación UV-B que alcanza a la superficie de la Tierra es potencialmente perjudicial porque al exponerse a largo plazo puede ser nociva para la salud humana y a su vez limita el crecimiento de las plantas.

Radiación UV-C

Debido a su alta energía, los rayos UV-C son la forma más perjudicial de luz ultravioleta, pero esta radiación es absorbida por el oxígeno y el ozono en la estratosfera y nunca llega a la superficie de la Tierra. A pesar de todos los efectos negativos de la radiación UV, pequeñas cantidades de radiación UV son beneficiosas para el cuerpo y necesarias para la síntesis de vitamina D en la piel, y la radiación UV también se usa bajo supervisión médica para tratar diversas enfermedades como el raquitismo, la psoriasis y el eczema (Oswaldo, H., & Ballesteros, B, 2010).

3.9.4. Factores que Influye en los Niveles de Radiación UV.

El nivel de radiación UV en la superficie terrestre depende de una serie de factores como: la posición del sol, la altitud, la latitud, la cubierta de nubes, la cantidad de ozono en la atmósfera y el reflejo de la Tierra. Los niveles de UV varían a lo largo del día y durante todo el año, y su mayor concentración se produce cuando el sol está en su punto máximo, esto es entre las 10 a. m. y las 5 p. m. Siendo a las 14:00 horas (alrededor del 60 % de los rayos UV se reciben en estos momentos), mientras que cuando el ángulo del sol está más cerca del horizonte, llegan menos rayos UV a la superficie de la Tierra porque se adentran más en la atmósfera y se encuentran con más moléculas de ozono, resultando en una mayor capacidad de adsorción.

En áreas fuera de los trópicos, los niveles máximos ocurren durante los meses de verano al mediodía. En los trópicos, los niveles de radiación son más altos, generalmente a principios de año, durante el perihelio (cuando la Tierra está más cerca del sol) y más bajos a mediados del año durante el perihelio (cuando la Tierra está más cerca del sol). Los rayos UV varían según la ubicación geográfica; En el Ecuador los rayos del sol son más directos que en las latitudes medias y los rayos UV en esta región son más intensos (Instituto de Hidrología, 2005).

3.9.5. Medición de la radiación ultravioleta

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), establece la siguiente escala para el índice de radiación de luz ultravioleta, UV (EPA, 2022).

Figura 6.

Escala del Índice UV (EPA)



Nota: Obtenido de (EPA, 2022). En esta imagen se puede observar las escalas utilizada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

En la Figura 6, se observan los rangos, niveles de riesgo y recomendaciones para la población, establecidos por la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito, frente a la exposición a radiación UV.

Figura 7.

Índice de Radiación UV de Quito



Nota: Obtenido de (Secretaría de Ambiente, 2018). En esta imagen se pueden observar los rangos, niveles de riesgo y recomendaciones para la población frente a la exposición a radiación UV.

3.9.6. Equipos para la medición de la radiación ultravioleta

Sensores integrados

El monitoreo constante de los efectos de la radiación de la luz le permite detectar rápidamente la presencia de diferencias, lo que le permite tomar las medidas. Muchos sensores de datos UV pueden medir otras variables, como la humedad o la temperatura (España, 2021).

Sonda UV y lux conectable

Presentan salidas analógicas (4-20mA, 0-5V, 0-10V) o digitales (USB, CAN) así como para conexión a smartphones Android (incluyendo apps) chips basados en Sic, banda ancha o sensibilidad para rayos UV filtrados, respuesta espectral al índice UV (España, 2021).

Registrador de datos de vibración

Está diseñado para medir de forma cómoda y sencilla magnitudes físicas. Los formatos son diversos, cuentan con un acelerómetro externo, en esta categoría nos centraremos en modelos independientes y compactos (España, 2021).

Registrador de datos de CO₂

Es un medidor de concentración de gas. Los valores de concentración de dióxido de carbono dentro de un espacio o área cerrados pueden afectar negativamente a la salud humana, así como a los productos y bienes almacenados (España, 2021).

3.10. Índice UV

Es una medida de la intensidad de la radiación UV que alcanza la superficie de la Tierra. La Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión Internacional sobre Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) recomiendan. El índice UV (IUV9 como un vehículo para sensibilizar al público sobre los posibles efectos perjudiciales para la salud de la exposición a la radiación solar UV y para alertar a la gente de la necesidad de adoptar medidas de protección. Los pronósticos del IUV se encuentran basados en el uso de modelos de transferencia radiactiva en relación con los valores previstos de los parámetros atmosféricos (Organización Mundial de la Salud et al., 2003).

3.11. El Índice ultravioleta, medición y cálculo.

El Servicio Meteorológico Nacional de EE. UU. calcula el índice UV utilizando un modelo numérico que relaciona la intensidad de la radiación UV del sol en la superficie de la Tierra con la concentración de ozono estratosférico proyectada.

Los cálculos realizados por algunos otros países también incluyen observaciones de la superficie de la Tierra. El cálculo comienza con mediciones de la cantidad total de ozono presente en toda la Tierra, obtenidas por dos satélites operados por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Estos datos se utilizan para hacer pronósticos de las concentraciones de ozono

estratosférico para el día siguiente en varios puntos del país. Las simulaciones por computadora usan proyecciones de ozono y el ángulo de incidencia de la luz solar en cada punto para calcular la intensidad de la radiación ultravioleta en la superficie de la Tierra. El ángulo de la luz del sol está determinado por la latitud.

La intensidad UV es calculada con diferentes longitudes de onda de 280 a 400 nm, el espectro completo de luz ultravioleta (280-314 nm) y ultravioleta (315-400 nm). (EPA, 2022)

El ozono atmosférico absorbe (atenúa) las longitudes de onda UV más cortas con mayor efectividad que las longitudes de onda más largas. La intensidad de la radiación ultravioleta en la superficie de la Tierra varía mucho a lo largo del espectro ultravioleta. Por ejemplo, la intensidad UV de un punto se puede calcular como se muestra en la siguiente tabla. (Estos son valores predeterminados. El gráfico del Servicio Meteorológico Nacional muestra los valores UV típicos).

Tabla 2.

Índice Ultravioleta

Longitud de Onda	Intensidad
290 nm	4
320nm	26
400nm	30

Nota: Obtenida de (EPA, 2022). En la Tabla 2 se puede observar la longitud de onda y su intensidad.

El siguiente paso en el cálculo se ajusta para tener en cuenta la sensibilidad de la piel humana a la radiación UV. Las longitudes de onda más cortas causan más daño en la piel que las ondas UVA de la misma intensidad. Para calcular esta respuesta, la intensidad UV calculada en cada longitud de onda se ponderó (ajustó) utilizando una función conocida como espectro de actividad del eritema de McKinlay-Diffey.

Para continuar con el ejemplo, la siguiente tabla proporciona factores de ponderación para la respuesta de la piel a las longitudes de onda UV. (Estos son valores hipotéticos para el ejemplo, no pesos reales de McKinlay-Diffey). Se multiplica la intensidad UV en la superficie de la Tierra

por un factor de ponderación para calcular el resultado, la cantidad efectiva de UV, en cada longitud de onda.

Tabla 3.

Índice Ultravioleta

Longitud de onda	Intensidad	Ponderación	Resultado
290 nm	4	15	60
320 nm	26	5	130
400 nm	30	3	90

Nota: Obtenida de (EPA, 2022). En la Tabla 3 se puede observar la longitud de onda, intensidad, ponderación y resultado.

Luego la intensidad UV efectiva en cada longitud de onda en el espectro de 290 a 400 nm, creando un valor que representa el efecto total de la radiación UV en la piel. En este ejemplo, el efecto UV total es 280 (60-130 90).

En el siguiente paso en el cálculo se ajusta por el efecto de elevación y arrastre. La intensidad de la radiación ultravioleta aumenta alrededor de un 6% por cada kilómetro de altitud sobre el nivel del mar. Las nubes absorben los rayos ultravioletas, reduciendo la intensidad de los rayos ultravioleta en la superficie de la Tierra. Los cielos despejados permiten el paso del 100 % de los rayos UV, la cobertura de nubes aisladas transmite el 89 %, el cielo parcialmente nublado el 73 % y el cielo completamente nublado el 31 % (EPA, 2022).

3.12. Ozono estratosférico y radiación ultravioleta

El ozono, a cualquier altitud, está muy diluido por todas partes. Incluso en la estratósfera tiene la mayor concentración relativa que forma la composición de mezcla más baja. Los gases que componen la atmósfera, donde su porcentaje no supera los 35ppm como máximo. Todas las consecuencias del agotamiento de la capa de ozono provienen de este gas, el ozono juega un papel muy importante como barrera de protección de los rayos UV. Ya que debajo de los 240nm, estamos protegidos por oxígeno molecular, pero el ozono tiene una mayor densidad, que se encarga de absorber la radiación UV (Andalucía J. d., 2007).

3.13. Ozono troposférico y radiación ultravioleta

El ozono presente cerca del suelo tiene su origen principalmente en reacciones químicas que tienen lugar en la tropósfera a partir de otros contaminantes (compuestos precursores), reacciones bajo la influencia de la luz solar (reacción fotoquímica). Esta es la razón por la que el ozono a menudo se considera un contaminante secundario (no se emite directamente debido a la actividad específica del) de origen fotoquímico. Estos procesos fotoquímicos ocurren naturalmente (a partir de las emisiones de plantas y otros organismos vivos), por lo que siempre hay alguna concentración de ozono en la superficie. Solo cuando se alcanza una alta concentración de debido a la actividad humana, él se considera un contaminante atmosférico grave (Enrique Mantilla et al., 2010).

3.14. Ozono troposférico, nubosidad y radiación ultravioleta

La ubicación geográfica en los trópicos y las grandes altitudes en los Andes aumentan el riesgo de exposición a los rayos UV. Estos factores, junto con la falta de estudios epidemiológicos sobre los efectos de la radiación UV en humanos, además de las condiciones de vida y trabajo frecuentemente al aire libre, así como ciertos comportamientos humanos y la falta de informes diarios sobre los efectos que se deben prevenir, hacen que gran parte de la población sea aún más susceptible al cáncer de piel. La mayor parte de la exposición de por vida a los rayos UVB ocurre durante la niñez, cuando el riesgo de quemaduras solares es mayor. Aunque existe un 80% de riesgo de desarrollar cáncer de piel antes de los 20 años, no existe una cultura de protección solar, especialmente durante la infancia (EPA, 2022).

3.15. Norma de calidad del aire

3.15.1. Contaminantes del aire

Para los propósitos de esta norma, se especifican límites máximos permisibles para cada uno de los siguientes contaminantes atmosféricos: Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrones (PM10), Partículas con diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micrómetros (PM2.5), Dióxido de Nitrógeno, NO₂, Dióxido de Azufre, SO₂, Monóxido de Carbono, CO, Ozono, O₃.

Se incluye como contaminantes no convencionales, con efectos tóxicos y/o carcinogénicos a los siguientes: Benceno (C₆H₆), Cadmio (Cd), Mercurio inorgánico (Hg).

La autoridad ambiental competente, es la responsable de autorizar los respectivos permisos de funcionamiento para las industrias que emitan estos contaminantes, en función de los programas de monitoreo propuestos, planes de manejo de sustancias tóxicas, entre otros, asegurando que las concentraciones de los contaminantes no sobrepasen los valores establecidos en esta norma (TULSMA, 2015).

La recopilación de datos que se obtenga como resultado de programas públicos de medición de concentraciones de contaminantes del aire serán de dominio público. La autoridad ambiental de aplicación responsable (AAAr) acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) determinará sus procesos internos de control de calidad y aseguramiento de calidad del sistema de monitoreo de calidad del aire en el distrito bajo su autoridad. Así mismo, la AAAr acreditada ante el SUMA deberá dar a conocer la frecuencia y alcance de los trabajos de auditoría interna como externa, que conlleva al sistema de monitoreo de calidad de aire a su cargo (TULSMA, 2015).

La autoridad ambiental nacional fomentará el desarrollo y establecimiento de un sistema nacional de acreditación para redes de monitoreo de aire ambiente en coordinación con el (OAE). Para los contaminantes criterio del aire ambiente, se estipulan las concentraciones máximas permitidas. La autoridad ambiental nacional implementa la frecuencia de revisión de los valores que se dan a conocer en la presente norma de calidad de aire ambiente (TULSMA, 2015).

Ozono. -La máxima concentración de ozono, en una muestra continua de un período de ocho horas, no deberá incrementarse en más de 100 µg/m³ , más de una vez en un año (TULSMA, 2015).

Tabla 4.*Concentraciones de Contaminantes en el Aire*

Contaminante y período de tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
CO concentración promedio en 8 hora (ug/m3)	15000	30000	40000
O ₃ concentración promedio en 8 hora (ug/m3)	200	400	600
NO ₂ concentración promedio en 1 hora (ug/m3)	1000	2000	3000
SO ₂ concentración promedio en 24 horas (ug/m3)	200	1000	1800
PM 10 Concentración en 24 horas (µg/m3)	250	400	500
PM 2,5 Concentración en 24 horas (µg/m3)	150	250	350

Nota Obtenida de: (TULSMA, 2015). En la Tabla 4 se puede observar los rangos de alerta de cada contaminante atmosférico.

3.16. Software Excel

Excel es una herramienta o programa computacional incluido en el paquete Microsoft Office, y sirve para la creación, manejo y modificación de hojas de cálculo. Se puede utilizar en varios dispositivos y sistemas operativos. En el área de la administración y la contaduría, conocer este programa es indispensable para aumentar la rapidez en el trabajo de almacenar, tabular, organizar, manejar e interpretar datos numéricos y alfanuméricos.(Excel, 2011)

3.17. Software XLSTAT

Es un programa estadístico el cual se vincula con Excel, es muy flexible ya que permite analizar, personalizar y compartir los resultados en Microsoft Excel. XLSTAT cuenta con más de 240 funciones estadísticas estándar y a su vez avanzadas, es una herramienta preferente de análisis estadístico en empresas y universidades. (XLSTAT, 2022)

3.18. Software ArcGIS

Es un sistema complejo que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es la plataforma líder mundial para crear y utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG). ArcGIS es utilizada globalmente para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios.

El software ArcGIS permite resolver problemas mediante análisis espacial, siendo este uno de sus aspectos más destacables. El objetivo que persigue es derivar nueva información de los datos existentes para permitir una mejor toma de decisiones. Aunque asignar símbolos a los datos y visualizarlos en un mapa ya es en sí una forma de análisis, y los mapas inherentemente invitan a la interpretación de los patrones y las relaciones que muestran, el análisis espacial va un paso más allá y aplica operaciones geográficas, estadísticas y matemáticas a los datos representados en el mapa (ArcGIS, 2017).

3.19. Correlación y Coeficiente de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson indica cuán asociadas se encuentran dos variables entre sí, por lo que:

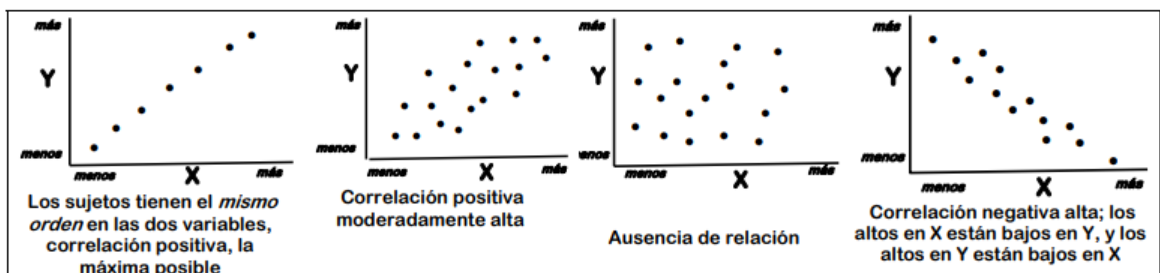
Correlación menor a cero: Si la correlación es menor a cero, significa que es negativa, es decir, que las variables se relacionan inversamente. Cuando el valor de alguna variable es alto, el valor de la otra variable es bajo. Mientras más próximo se encuentre a -1, más clara será la covariación extrema. Si el coeficiente es igual a -1, se trata de una correlación negativa perfecta.

Correlación mayor a cero: Si la correlación es igual a +1 significa que es positiva perfecta. En este caso la correlación es positiva, es decir, que las variables se correlacionan directamente. Cuando el valor de una variable es alto, el valor de la otra también lo es, sucede lo mismo cuando son bajos. Si es cercano a +1, el coeficiente será la covariación.

Correlación igual a cero: Cuando la correlación es igual a cero significa que no es posible determinar algún sentido de covariación. Sin embargo, esto no representa que no exista una relación no lineal entre las variables (El Coeficiente de Correlación, 2017).

Figura 8

Diagramas de dispersión del Coeficiente de correlación de Pearson



Nota: Obtenida de (El Coeficiente de Correlación, 2017). En la Figura 8 se observar que dependiendo del diagrama de dispersión se podrá interpretar si la correlación existe o no.

3.20. Coeficiente de Spearman

El coeficiente de correlación de Spearman es una medida no paramétrica de correlación de rango (la dependencia estadística del rango entre dos variables). Se utiliza principalmente para el análisis de datos. Mide la fuerza y la dirección de la asociación entre dos variables calificadas (El Coeficiente de Correlación, 2017).

3.21. Plan de Acción

El plan de acción que se pretende utilizar dentro de este estudio es un Plan de Alerta para la población, el cual consiste en planificar y organizar actividades, donde se emplea de forma óptima una serie de medios técnicos con el objetivo de reducir al mínimo las consecuencias o daños humanos que puedan derivarse de una situación de emergencia. (OAS.ORG, 2005)

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio, climatología y población

4.1.1. Breve descripción de los Escenarios de Estudio

Quito, oficialmente San Francisco de Quito, es la capital de la República del Ecuador, de la Provincia de Pichincha y la capital más antigua de Sudamérica.

La ciudad está dividida en 32 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales, las cuales se subdividen en barrios. Las estaciones que se tomaron en cuenta para la obtención de datos de ozono troposférico y radiación UV, son monitoreadas por la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito. En este estudio se ha considerado evaluar ambientalmente las siguientes estaciones : Cotocollao, Centro y Guamaní por ser las más representativas geográfica y poblacionalmente en el Distrito Metropolitano de Quito (Flacso, 2010).

Tabla 5.

Datos de las Estaciones Atmosféricas del Distrito Metropolitano de Quito.

Nombre	Coordenadas	Altitud (m)
Centro	78°30'36" W, 0°13'12" S	2820
Cotocollao	78°29'59.8"W, 0°6'39.8"S	2739
Guamaní	78°33'11.4"W, 0°20'3.3"S	3066

Nota: Propia del Autor, En la Tabla 5 se observan las coordenadas y la altitud del lugar donde fueron tomados los datos utilizados en esta investigación.

Cotocollao

Es una parroquia urbana de la ciudad de Quito, parte de las 65 que conforman el área metropolitana de la capital de Ecuador. Está ubicada en el extremo noroccidental de la urbe y sus límites son las parroquias de El Condado al norte, La Concepción al sur, Ponceano al este, y Cochapamba al oeste.

Tiene una superficie de 275,0 km², y se divide en 8 barrios: Bellavista Alta, Cotocollao Central, Loma Hermosa, Los Tulipanes, Quito Norte, San José de Jarrín, Thomas y Urbanización 23 de junio.

Centro

Se encuentra ubicado en el centro sur de la ciudad de Quito, en Ecuador, sobre una superficie de 375,2 hectáreas (3,75 km²), y es considerado el conjunto histórico mejor conservado y uno de los más importantes de Hispanoamérica. Cuenta con alrededor de 130 edificaciones monumentales donde se aloja una gran diversidad de arte pictórico y escultórico, principalmente de carácter religioso.

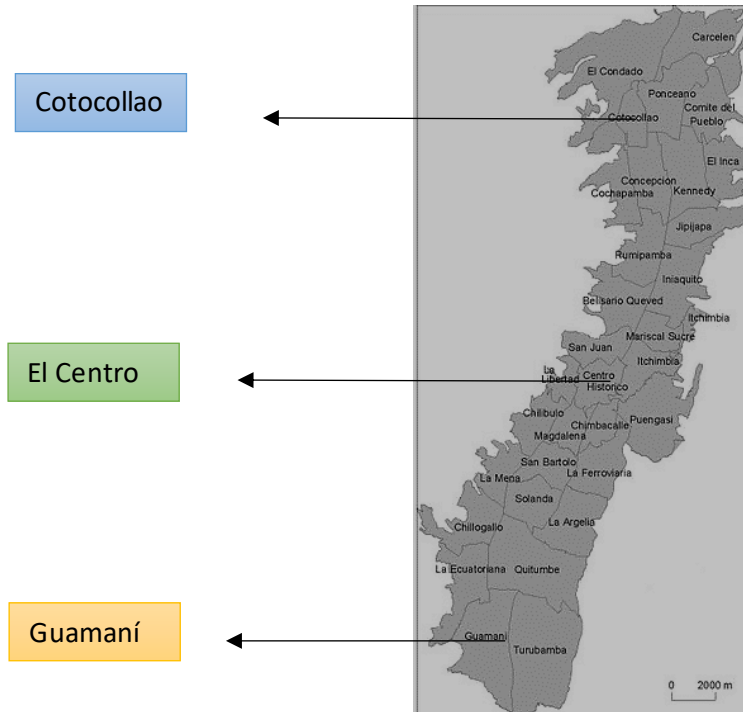
Además, se trata de una de las 85 parroquias que conforman el área metropolitana de la capital de Ecuador, y está rodeada por las parroquias de San Juan e Itchimbía al norte, La Libertad al oeste, La Magdalena al sur, y Chimbacalle e Itchimbía al este.

Guamaní

Es una parroquia urbana de la ciudad de Quito, parte de las 65 que conforman el área metropolitana de la capital de Ecuador y se encuentra ubicado en el extremo suroccidente de Quito. Está dividido en otros barrios como San Fernando, Santo Tomas, El Roció, Los Pinos, la Esperanza, Paquisha, Guamaní Alto y Guamaní Bajo. (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2011)

Figura 9.

Ubicación geográfica de la zona de estudio



Nota: Obtenida de (Secretaría de Ambiente, 2022). En la Figura 9, se observa las tres localidades donde se realizó el estudio.

4.1.2. Climatología

El clima de la ciudad corresponde al clima subtropical de tierras altas, con muchas características continentalizadas que van desde climas áridos y templados hasta húmedos y fríos; Quito se divide en 3 zonas; sur, centro, y norte; donde el sur es el lugar más frío de la ciudad porque es la zona más alta y lluviosa, el centro es caliente (Iñaquito, Guápulo); cuenta con las temperaturas más altas y el norte es templado debido a las condiciones secas del valle de la mitad del mundo

Debido a que el Distrito Metropolitano de Quito se encuentra a 2850 metros de altitud y está ubicado cerca de la línea ecuatorial, mantiene condiciones primaverales todo el año. De junio a septiembre las temperaturas suelen ser más cálidas, sobre todo durante la tarde, mientras que el resto del año la temperatura es templada con temperaturas que van desde los 10 °C hasta los 30 °C.(Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2011)

4.1.3. Población

Cotocollao

De acuerdo a la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda del Municipio de Quito, en el censo de 2010, la parroquia de Cotocollao tenía una población de 31.623 habitantes, de los cuales el 52,6% eran mujeres y el 47,4% hombres. Según estos datos, su densidad poblacional urbana es de 115,4 habitantes por kilómetro cuadrado, lo que significaría que el 1,4% de los quiteños residen en el sector.

El uso del suelo es mayoritariamente de tipo residencial con importantes núcleos comerciales, y está habitado por estratos sociales bajos, medios y medio-altos.

Centro

Según el censo del 2010, la parroquia apenas alcanzaba los 40.587 habitantes, población menor a la registrada apenas nueve años antes, en 2001, cuando contaba con 50.982. A pesar de todo, el Centro Histórico presenta una tasa de densidad poblacional sumamente alta de 10.823,2 hab/km², y un total de 15.570 viviendas ocupadas con respecto a las 16.313 del año 2001.

Guamaní

La parroquia de Guamaní en 2010, tenía una población de 68.417 habitantes, y entre ellos 12.771 eran mujeres mientras que 5.929 eran hombres. Según estos datos, su densidad poblacional urbana es de 52.1 habitantes por kilómetro cuadrado (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2011).

4.1.4. Comercialización

Cotocollao

En esta parroquia se desarrolla un intenso movimiento comercial, sobre todo en los barrios de Quito Norte y Cotocollao Central. Es precisamente este último que, durante la década de 2010, atrajo un gran número de migrantes de origen chino que han convertido sus calles en un paraíso del comercio al menudeo que de a poco va ganando el apelativo de Barrio chino de Quito.

Además, la parroquia está servida por varios supermercados de características populares, así como por un sin número de tradicionales tiendas de vecindad, zapaterías, panaderías, restaurantes, almacenes de electrodomésticos y sastrerías.

Centro

En esta parroquia se desarrolla un intenso movimiento turístico, debido a su arquitectura colonial, entre la que se destacan:

Iglesias

Así, Quito durante siglos ha sido conocida como el claustro de América por su gran concentración de iglesias y monasterios en un espacio reducido, el Centro Histórico de Quito se precia de tener tres de las construcciones más emblemáticas de la arquitectura clasista del continente: la Basílica del Voto Nacional, la Iglesia de San Francisco y la de La Compañía de Jesús.

Edificios civiles

Corresponden a la mayoría de inmuebles patrimoniales, entre ellos se encuentran edificios públicos y privados, palacios señoriales, mansiones, casonas y edificios culturales y comerciales.

Guamaní

Dentro de esta parroquia se concentra una cantidad considerable de empresas industriales de todo tipo, especialmente maquinaria pesada y confites (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2011).

4.2. Métodos Utilizados en la Investigación

La información de las concentraciones de Ozono (O₃) y Radiación UV se obtuvo de la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito, en los siguientes años: 2017, 2018, 2019, 2020, 2021. Información que fue solicitada a través de la Dirección de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Universidad.

La Geo información se la extrajo de los archivos de forma existentes del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y sus parroquias, disponibles en las plataformas virtuales del Municipio del DMQ y las cartografías de libre acceso.

La investigación se desarrolló en las siguientes tres etapas:

4.3. Etapa 1 Recopilación de Información

Dentro de la etapa uno, se realizó una recopilación de datos documentados, donde se logró establecer la relación existente entre el ozono troposférico y la absorción ultravioleta. Se enviaron oficios al Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM) y a la Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito para solicitar información de Ozono Troposférico y Radiación UV, también se utilizó la base de datos de la distribución del ozono proporcionada por dicha Secretaría.

A su vez se realizó el análisis de la normativa internacional (Guía de Calidad del Aire de la OMS) y nacional (Código del Ambiente, Plan Nacional de Calidad del Aire y la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire) pertinente, para conocer los valores máximos permisibles de cada contaminante.

4.4. Etapa 2 Obtención de Datos

La red metropolitana de monitoreo atmosférico de Quito (REMMAQ) tiene como finalidad producir datos fiables sobre la concentración de contaminantes atmosféricos en el DMQ, los cuales permiten planificar, formular, ejecutar y evaluar acciones orientadas a la optimización de la calidad del aire y difundir esta información en condiciones comprensibles para el público en general. (Secretaría de Ambiente, 2022)

En la REMMAQ se incluyen estaciones remotas de monitoreo que cuentan con capacidad para analizar continua y automáticamente los siguientes contaminantes comunes del aire:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de azufre (SO₂)
- Óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x)
- Ozono (O₃)
- Material particulado fino (PM_{2.5}) y (PM₁₀)

Las bases de datos de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos: Ozono (O₃) y Radiación UV, que se obtuvieron de la Secretaría de Ambiente del DMQ, contienen datos registrados por hora de dichos contaminantes y se expresan en las unidades (ug/m³).

4.5. Equipos de recolección de datos

La Secretaría de Ambiente del DMQ cuenta con diferentes equipos de las marcas: Thermo Environmental Instruments (TEI) y TELEDYNE API, según el detalle que se presenta en la Tabla 6 (Secretaría de Ambiente, 2022).

Tabla 6.

Detalle de los analizadores de gases y partículas de la REMMAQ.

Contaminante	Número Equipos	Ubicación	Método de medida o principio de operación	Marca y modelo
Material particulado PM10	4	Tum, Gua, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM10 EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Scientific/FH62C 14
Material particulado PM2.5	6	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM10 EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Andersen / FH62C14
Dióxido de azufre (SO ₂)	7	Bel, Cam, Cen, Tum, Cot, Car, Chi	Fluorescencia por pulsos de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0486-060)	THERMO 43C / 43i
Dióxido de azufre (SO ₂)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Fluorescencia ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0495-0100)	TELEDYNE API / T100
Ozono (O ₃)	10	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua,	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0880-047)	THERMO 49C / 49i

		Jip*,Lab. Electrónico		
Ozono (O3)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0992-087)	TELEDYNE API / T400
Óxidos de nitrógeno(NO X)	8	Bel, Cam, Cen,Cot, Car, Gua, Jip, Chi	Quimiluminiscencia Método de referencia EPA No. RFNA- 1289-074)	THERMO 42C / 42i
Óxidos de nitrógeno(NO X)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Quimiluminiscencia(Método de referencia EPA No. RFNA- 1194-099)	TELEDYNE API / T200
Monóxido de carbono(CO)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA- 0981-054)	THERMO / 48C / 48i
Monóxido de carbono(CO)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA- 1093-093)	TELEDYNE API/ T300
Multicalibrado r (SO2, NOX, CO, O3)	12	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip, Lab.	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	THERMO/ 146C / 146i

		Electrónico, E. móvil		
Multicalibrador (SO ₂ , NO _X , CO, O ₃)	1	Laboratorio Estándares	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	TELEDYNE API/700E
Generador Aire Cero	12	Bel, Jip, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Lab. electrónico, E. móvil	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafill, y calentamiento para oxidación.	THERMO / 111
Generador Aire Cero	1	Lab. Estándares Jijapa	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafill, y calentamiento para oxidación.	ECOTECH / HTO-1000HC
Estación portátil para monitoreo de CO, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , PM _{2.5} , humedad relativa y	1	Lab. Electrónico	Principio de operación: Gas Sensitive Semiconductor (GSS) Gas Sensitive Electrochemical (GSE)	AQM60

temperatura del aire				
Sistema Blade, con 5 servidores físicos	1	Centro de Datos	Virtualizado para instalar los servidores de: comunicaciones, bases de datos, web explotación, índice quiteño calidad del aire, proxy, respaldos, correo, envío de alarmas, web.	>HP C-3000
Sistema Almacenamiento, con capacidad de 9.6 TB.	1	Centro de Datos	Almacenamiento de información de Analizadores de Gases, Meteorología, bases de datos y sistemas que utiliza la REMMAQ y la Secretaría de Ambiente.	HP P2000
Librería Cintas para 24 cintas de (1.5 TB) con tecnología LTO-4 y LTO-5	1	Centro de Datos	Respaldos de información y sistemas	HP M5L2024

Nota: Obtenida de (Secretaría de Ambiente, 2022). En la Tabla 6, se observa los métodos de detección y principios de los equipos utilizados por la Red de Monitoreo del DMQ, para analizar contaminantes atmosféricos.

4.6. Métodos automáticos de medición de ozono troposférico

Red automática (RAUTO): Se conforma por 8 estaciones fijas, que incluyen analizadores automáticos de gases y de partículas. Estas estaciones se ubican en el Distrito Metropolitano de Quito (Secretaría de Ambiente, 2020).

La Red RAUTO utiliza evaluadores de referencia para contaminantes gaseosos en el laboratorio de la REMMAQ, equipos que son empleados para corroborar la calibración del resto de analizadores de la red. Además, se utiliza una multica libradora con fotómetro (generador de concentraciones conocidas de O₃), para asegurar una adecuada calibración de todos los analizadores de O₃ de la Red de Monitoreo (Secretaría de Ambiente, 2020).

4.7. Método para la medición de Ozono troposférico.

Para la medición pasiva de ozono, se emplea una técnica de monitoreo de difusión que consiste en una caja cilíndrica cerrada, en la cual uno de sus extremos se localiza expuesto al aire ambiente con el objeto de que las moléculas de los gases crucen y se absorban en el extremo cerrado. El proceso se basa en la Ley de Fick, el cual establece que el movimiento de difusión de las moléculas es definido por las diferentes concentraciones a lo largo del volumen del sistema (Secretaría de Ambiente, 2022).

4.8. Método de medida: Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (reacción de color MBTH)

Equipo: Labomed / Spectro 2000 (Secretaría de Ambiente de Quito, 2020).

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma.

4.9. Método de medida de : Absorción de luz ultravioleta

(Método equivalente EPA No. EQOA-0880-047, Marca y modelo: THERMO 49C / 49i

La espectroscopia UV-Vis está basada en el proceso de absorción de la radiación ultravioleta-visible (radiación con longitud de onda comprendida entre los 160 y 780 nm) por una molécula. La absorción de esta radiación causa la promoción de un electrón a un estado excitado. Los

electrones que se excitan al absorber radiación de esta frecuencia son los electrones de enlace de las moléculas, por lo que los picos de absorción se pueden correlacionar con los distintos tipos de enlace presentes en el compuesto. Debido a ello, la espectroscopía UV-Vis se utiliza para la identificación de los grupos funcionales presentes en una molécula. Las bandas que aparecen en un espectro UV-Vis son anchas debido a la superposición de transiciones vibracionales y electrónicas (Secretaría de Ambiente, 2022).

4.10. Radiación UV

La Radiación UV publicada por la Secretaría de Ambiente del DMQ es medida por el Radiómetro UV-PAR.

El radiómetro UVA - UVB es un aparato para la medición de la radiación ultravioleta. Este radiómetro opera con una longitud de onda de 290 a 390 nm. Puede medir por ejemplo las radiaciones UVA del sol y las radiaciones en una cabina del solarío. En la industria, el arco de luz para soldaduras, etc. Otros ámbitos de uso son la esterilización por rayos UV, la compensación fotoquímica, en laboratorios de virología o en la investigación del ADN (Secretaría de Ambiente, 2022).

4.11. Software Excel y XLSTAT

Los Software Excel y XLSTAT funcionan en conjunto.

El tratamiento de los datos se inició en Excel, donde las mediciones de Ozono enviadas por la Secretaría de Ambiente del DMQ (un dato por hora) durante el período solicitado (2017 a 2021), fueron reducidas a un promedio diario, para luego obtener un promedio mensual y finalmente un promedio anual de las mismas, valor con el cual se construyeron los mapas ArcGIS de la investigación. En cuanto a los datos de Radiación UV, el sensor de la Secretaría de Ambiente, toma un dato cada 10 minutos durante las 24h de cualquier período indicado, por lo que a partir de esos datos se realizó el mismo procedimiento que con el Ozono para obtener un promedio anual.

Cabe mencionar que, para la Radiación UV, no se consideraron las mediciones marcadas con cero ni los datos arrojados en blanco de 18h00 a 05h00, del período en mención, pues al realizar la

reducción de la base de datos inicial en función de los promedios de las mediciones, estos datos alterarían el comportamiento cotidiano del contaminante.

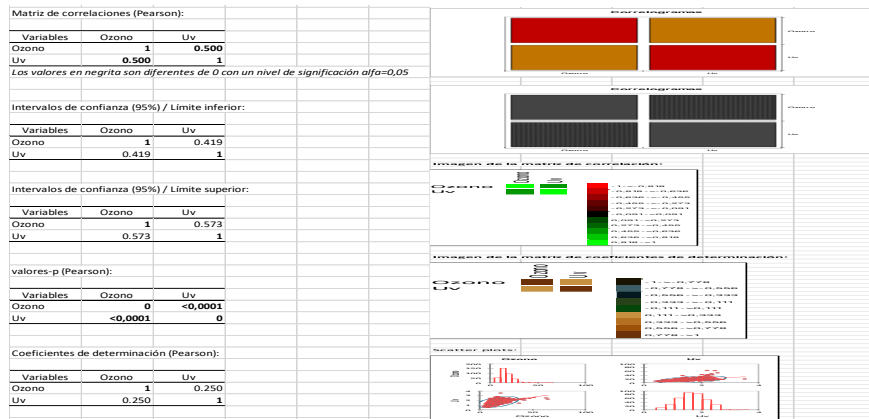
El segundo paso fue combinar Excel con XLSTAT, para obtener las correlaciones de Pearson y Spearman de las concentraciones de ozono y UV de estudio, y así determinar la relación existente entre dichas variables.

Pearson

Principio: Cuanto más fuerte sea la asociación entre las dos variables, más cerca se inclinará su respuesta hacia 1 o -1. Alcanzar valores de 1 o -1 significa que todos los puntos de datos se trazan en la línea recta de mejor ajuste.

Figura 10.

Datos de Pearson Obtenidos con el Software XLSTAT



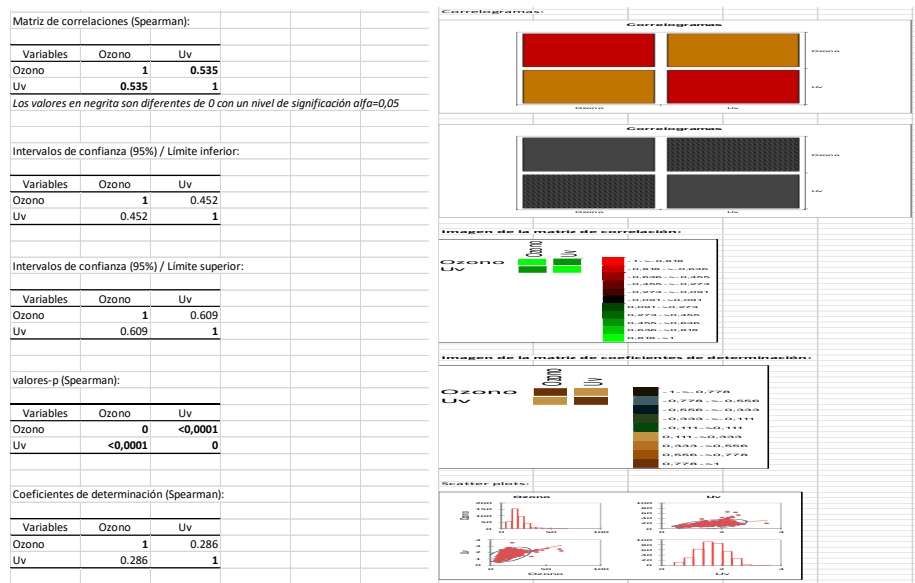
Nota: (Propia del Auto, a). En la figura 10 se puede observar todos los datos y gráficos arrojados por el Software XLSTAT usando el Método Pearson.

Spearman

El Coeficiente Spearman, ρ , puede tomar un valor entre +1 y -1 donde, un valor de +1 en ρ significa una perfecta asociación de rango, un valor 0 en ρ significa que no hay asociación de rangos, un valor de -1 en ρ representa una perfecta asociación negativa entre los rangos. Si el valor de ρ se acerca a 0, la asociación entre los dos rangos es más débil.

Figura 11.

Datos de Spearman Obtenidos con el Software XLSTAT



Nota: (Propia del Autor, a). En la figura 11, se puede observar todos los datos y gráficos arrojados por el Software XLSTAT mediante el uso del Método Spearman.

En cuanto a los datos de UV de los años 2020 y 2021, se realizó el análisis estadístico a través de histogramas debido a que, en esos años, la Estación Guamaní no contaba con datos suficientes de Radiación UV, por lo que se utilizaron histogramas para interpretar la distribución del Ozono.

4.12. Métodos de correlación

4.12.1. Selección del método de correlación

En el presente proyecto se utilizaron dos métodos de correlación de variables, que fueron: el coeficiente de Pearson y el coeficiente de Spearman. Para escoger cuál de los dos métodos se iba a utilizar, se evaluó el tipo de distribución que poseían los datos, detectándose una distribución normal en los mismos. Cuando el valor de probabilidad de los datos poseía un valor inferior a 0,05 significaba que tenían una distribución normal, caso contrario, si su valor era superior a 0,05 los datos no presentaban dicha distribución (Santana & Farfán, 2014).

Para datos con distribución normal se recomienda utilizar el coeficiente de Pearson y para datos con distribución no normal se recomienda utilizar el coeficiente de Spearman, porque con este tipo

de datos se presentan valores extremos que afectan al coeficiente de Pearson haciendo que se obtengan resultados poco certeros (Ortega et al, 2009).

Dentro esta investigación se vio útil y necesario analizar los dos métodos de Correlación, para la realización de la interpretación del método Pearson y Spearson se tomó en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 7.

Tabla para Interpretación del Coeficiente de Pearson y Spearson

$r = 1$	correlación perfecta.
$0.8 < r < 1$	correlación muy alta
$0.6 < r < 0.8$	correlación alta
$0.4 < r < 0.6$	correlación moderada
$0.2 < r < 0.4$	correlación baja
$0 < r < 0.2$	correlación muy baja
$r = 0$	correlación nula

Nota: Obtenida de (El Coeficiente de Correlación, 2017). En la Tabla 6, se observa los rangos y el criterio de interpretación de los dos coeficientes estudiados en esta investigación.

4.12.2. Definición de variables

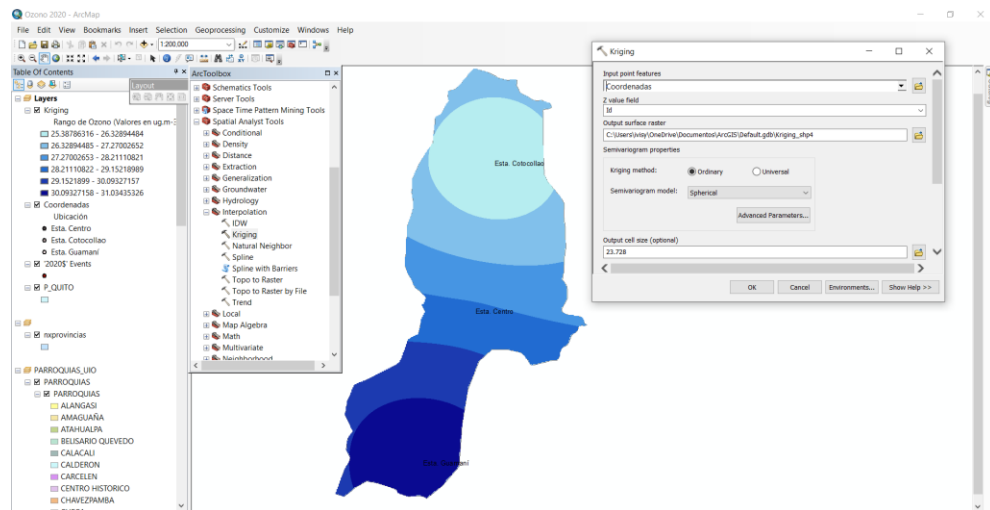
Las variables utilizadas al realizar la correlación fueron las siguientes: 1) Estaciones: Cotocollao, Centro y Guamaní , y 2) Contaminantes atmosféricos: Ozono (O3) y UV, durante los años 2017 a 2021.

ArcGIS

Con el Software ArcGIS versión 10.5 se realizaron los mapas temáticos.

Para esto se crearon tablas en Excel con los promedios anuales tanto de Ozono como de Radiación UV, luego estas tablas fueron exportadas al Software para ser interpoladas mediante el Método Kriging, lo cual permitió presentar las concentraciones de Ozono y Radiación UV en cada localidad de estudio con sus respectivas escalas de concentración.

Figura 12.
Interpolación



Nota: Propia del Autor, En la Figura 12 se puede Observar cómo se realizó en procedimiento de la Interpolación por el método de Kriging.

4.13. Etapa 3 Planteamiento del Plan de Acción

Como solución para el objetivo número tres se propuso un Plan de Acción, mediante la utilización de los datos obtenidos de la distribución vertical, para poder alertar a la población cuando los límites permisibles de Ozono hayan sido sobrepasados. Tomando en cuenta todos los resultados obtenidos, se consideraron los siguientes lineamientos para el plan:

- Título
- Objetivos
- Rangos de Alerta de Ozono
- Acciones para cada grupo de interés

CAPITULO V

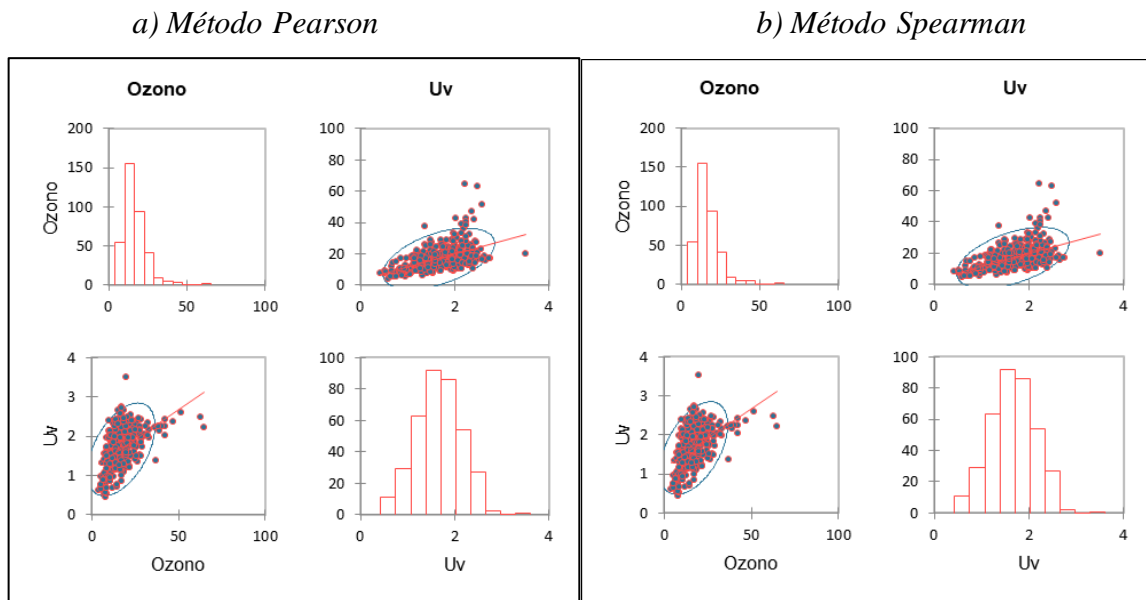
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizan los resultados del contaminante Ozono en relación con la Radiación UV, para esto se realizó la comparación de sus concentraciones en distintas localidades del Distrito Metropolitano de Quito, en diferentes años y se discutieron aportes relacionados con el tema de estudio

5.1. Correlación de Datos Anuales por el Método Pearson y el Método Spearman

Figura 13.

Correlación entre el promedio anual de Ozono vs el promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro, año 2017.

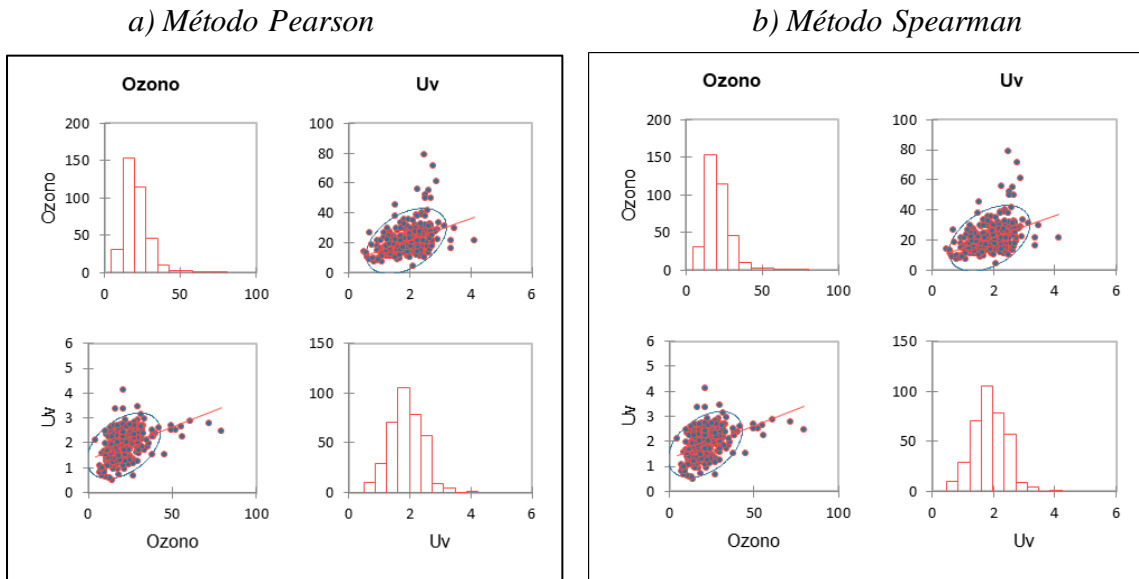


Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.250	Ozono	1	0.286
Uv	0.250	1	Uv	0.286	1

Nota: (Propia del Autor,a) En la Figura 13, se observa que el coeficiente de Determinación de Pearson es de $r= 0.250$, lo que indica que existe una correlación baja entre las dos variables. b) Mientras que en el metodo de Spearman su coeficiente de Determinación es de $r=0,286$, lo que nos indica que la correlación existente es debil o baja. Se determina esta interpretación para los dos métodos basandose en la Tabla 6.

Figura 14.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao, año 2017.



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.186	Ozono	1	0.204
Uv	0.186	1	Uv	0.204	1

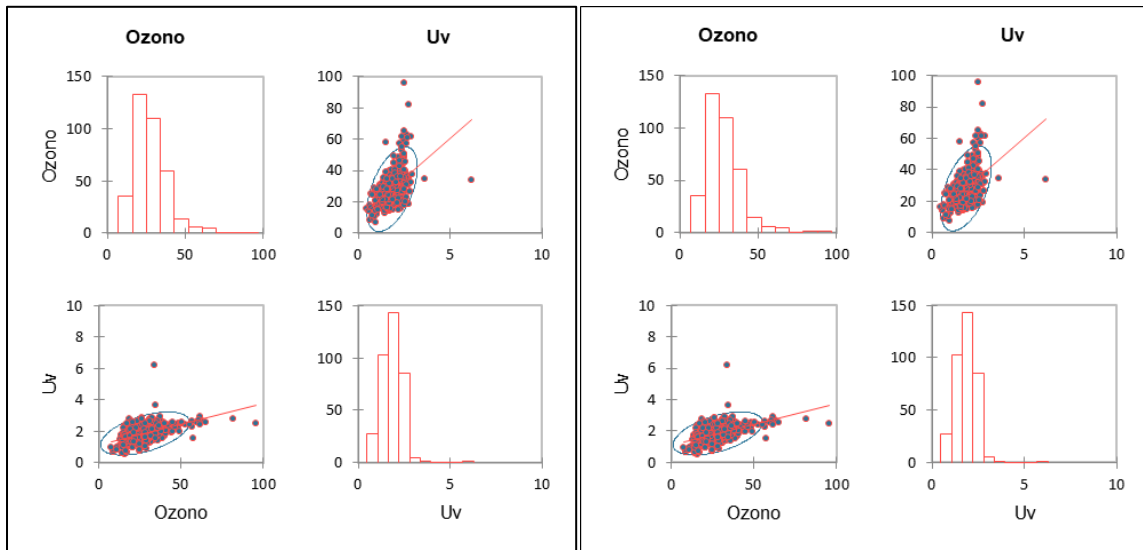
Nota: (Propia del Autor, a). Dentro del metodo de Pearson se puede observar que el coeficiente de determinación es de $r= 0,186$, lo que indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) en el Método de Spearman existe una correlación escasa o nula debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,204$. Se determina esta interpretación para los dos métodos basandose en la Tabla 6.

Figura 15.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Guamaní, año 2017.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.269	Ozono	1	0.269
Uv	0.269	1	Uv	0.269	1

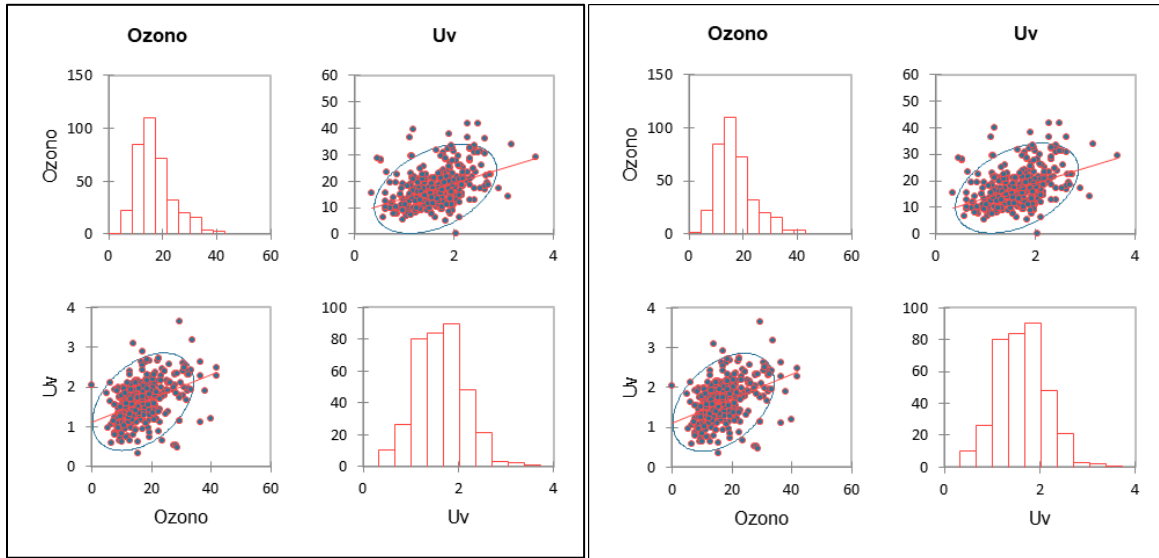
Nota: (Propia del Autor,a) En la Figura 15, se observa que tanto para el método de Pearson y Spearman tienen una correlación media, debido a que su coeficiente de determinación para los dos métodos estudiados es de $r=0.269$. Dicha interpretación está basada en la Tabla 6 la cual se encuentra propuesta anteriormente.

Figura 16.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2018.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.174	Ozono	1	0.186
Uv	0.174	1	Uv	0.186	1

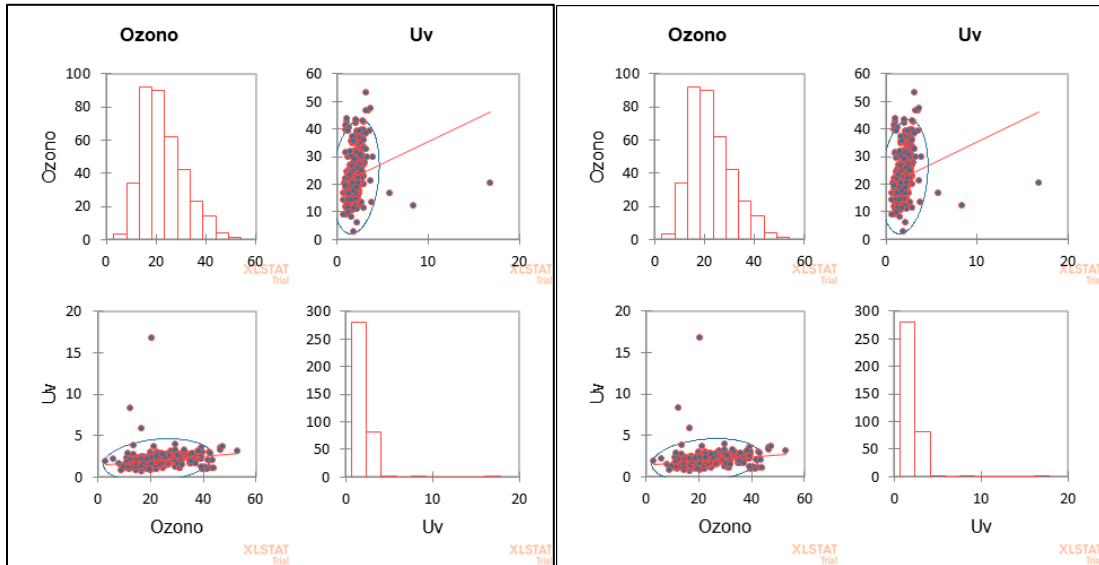
Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 16, Se observa que el método de Pearson se su coeficiente de determinación es de $r= 0,174$, lo que indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) en el Método de Spearman existe una correlación escasa o nula debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,186$. Se interpreta los resultados de tal manera debido a que en la Tabla 6, donde explica sus rangos y que tipo de critireio tiene cada método de correlación.

Figura 17.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao, año 2018.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.040	Ozono	1	0.157
Uv	0.040	1	Uv	0.157	1

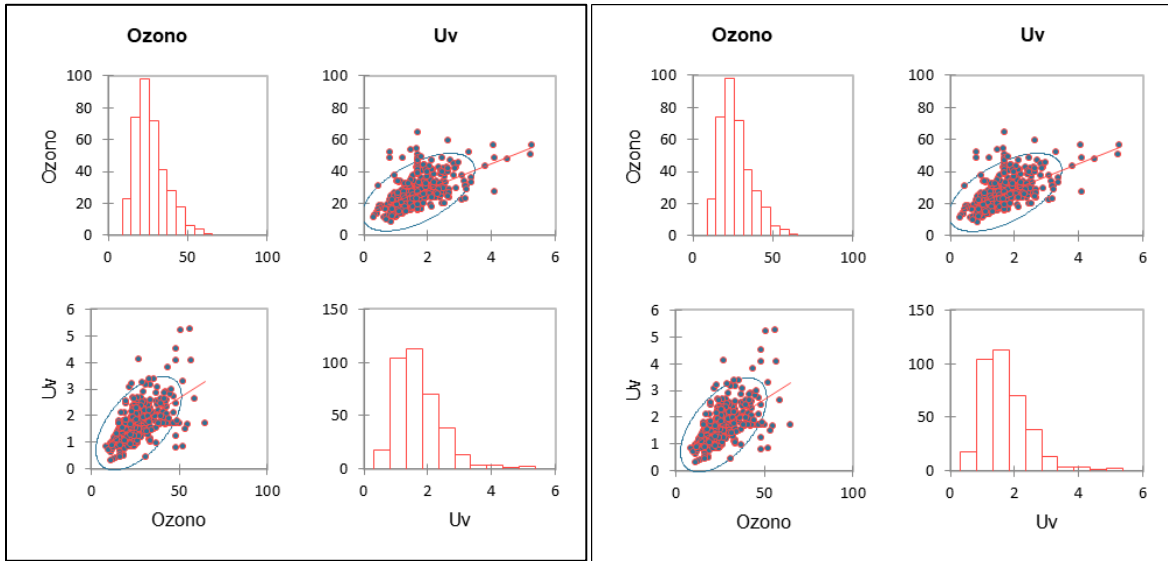
Nota: (Propia del Autor, a), Se puede observa que en la Figura 17, el método de Pearson cuenta con un coeficiente de determinación de $r= 0,040$, lo que indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) Mientras que en el método de Spearman existe una correlación escasa o nula debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,157$. Se determina esta interpretación para los dos métodos basandose en la Tabla 6.

Figura 18.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Guamaní año, 2018.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.332	Ozono	1	0.372
Uv	0.332	1	Uv	0.372	1

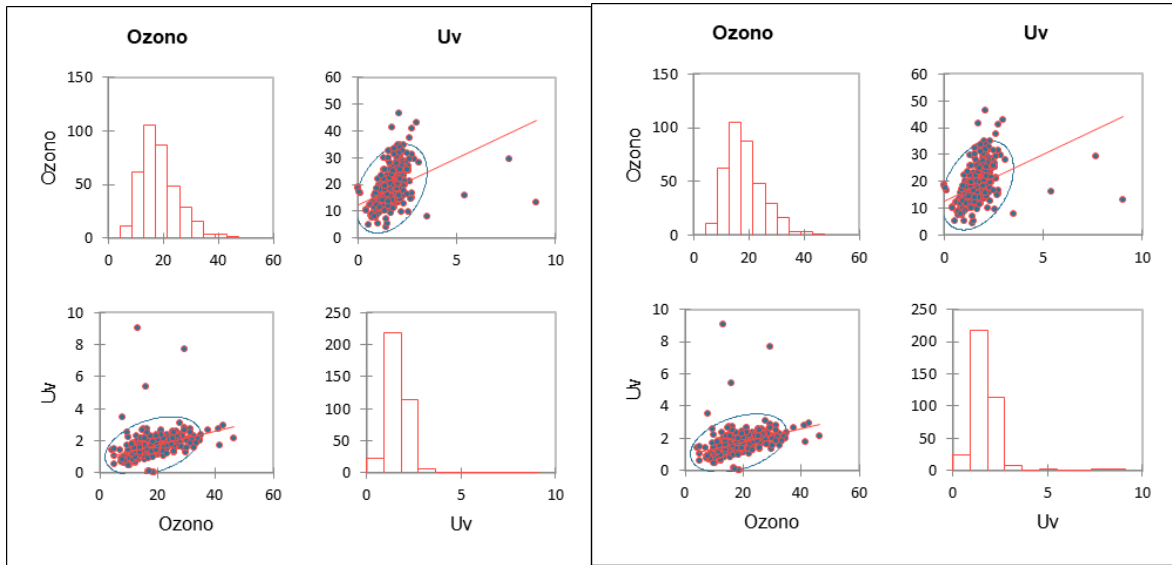
Nota: (Propia del Autor, a) dentro del método de Pearson se puede observar que el coeficiente de determinación es de $r=0,332$, lo que indica que tiene una correlación media entre las dos variables. b) y para el método de Spearman se observa que existe una correlación débil, ya que cuenta con un coeficiente de determinación de $r=0,372$. Al tomar en cuenta la Tabla 6, se puede llegar a determinar las interpretaciones para los dos métodos de correlación

Figura 19.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2019.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.146	Ozono	1	0.336
Uv	0.146	1	Uv	0.336	1

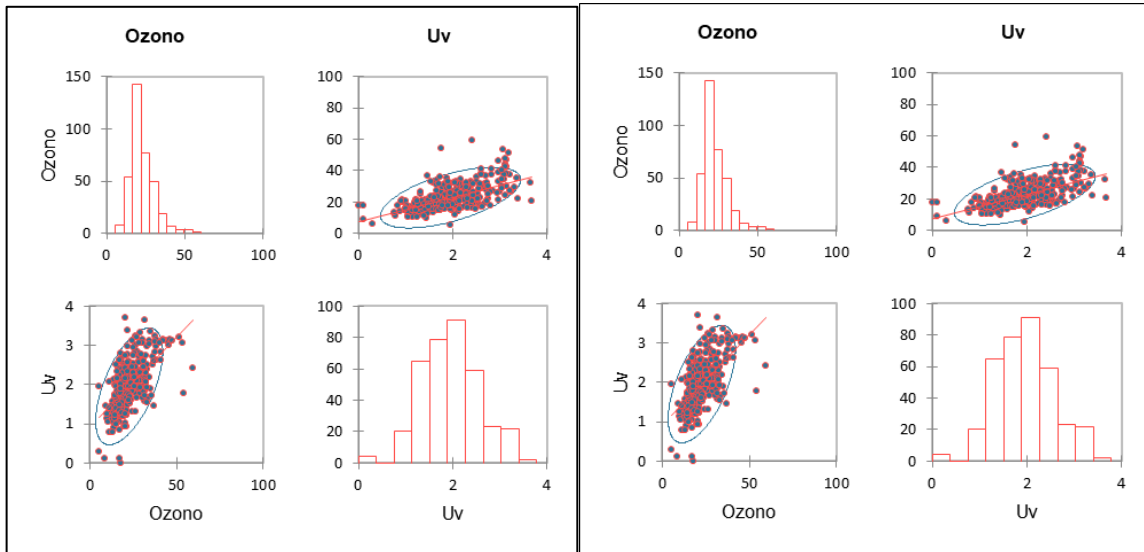
Nota: (Propia del Autor, a). Después de realizar los cálculos del coeficiente de Pearson en el Software XLSTAT donde el coeficiente de determinación es $r=0,146$, lo que nos indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) Por otra parte en el método de Spearman existe una correlación débil debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,336$. Se da esta interpretación tomamando en cuenta lo que dice la Tabla 6.

Figura 20.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao año, 2019.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



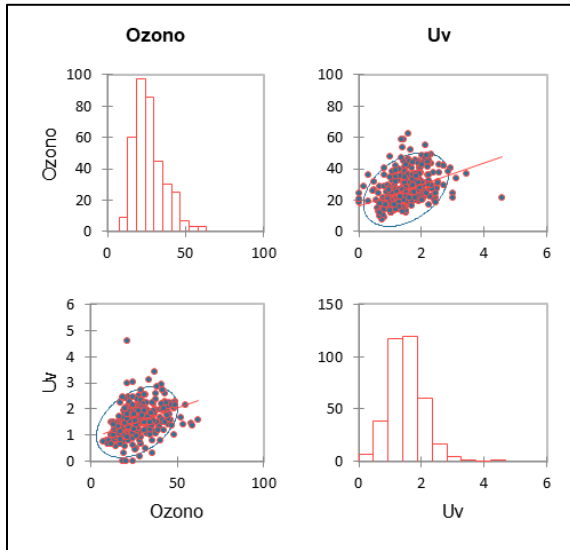
Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.354	Ozono	1	0.362
Uv	0.354	1	Uv	0.362	1

Nota: (Propia del Autor, a). Después de realizar los cálculos del coeficiente de Pearson en el Software XLSTAT donde el coeficiente de determinación es $r=0,354$, lo que nos indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) Por otra parte en el método de Spearman existe una correlación débil debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,362$. Se da esta interpretación tomando en cuenta lo que dice la Tabla 6.

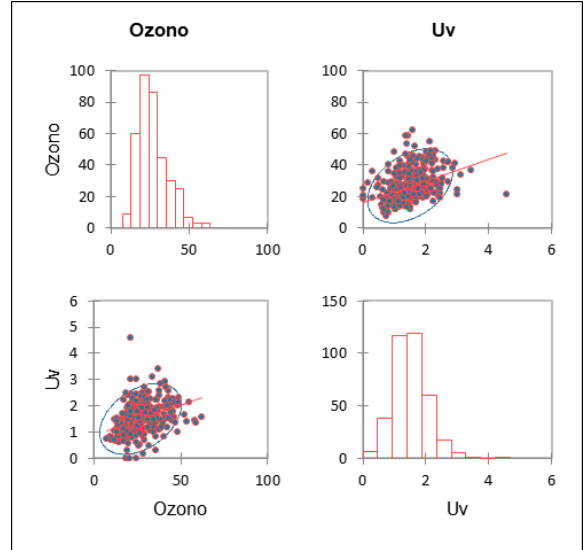
Figura 21.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Guamaní año, 2019.

a) Método Pearson



b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.157	Ozono	1	0.237
Uv	0.157	1	Uv	0.237	1

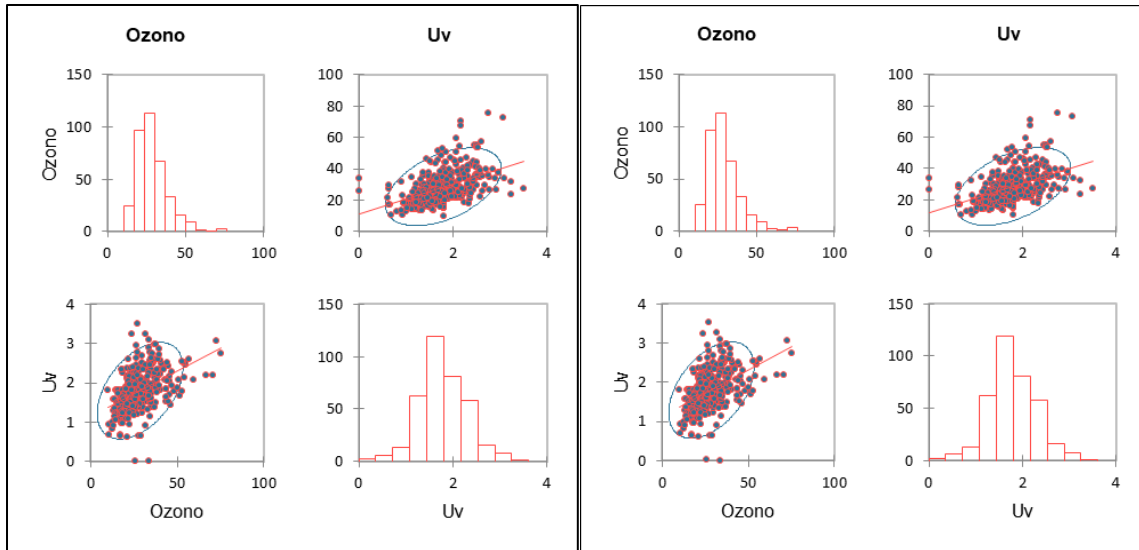
Nota: (Propia del Autor, a). Después de realizar los cálculos del coeficiente de Pearson en el Software XLSTAT donde el coeficiente de determinación es $r=0,157$, lo que nos indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) Por otra parte en el método de Spearman existe una correlación débil debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,237$. Se da esta interpretación tomando en cuenta lo que dice la Tabla 6.

Figura 22.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2020.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.221	Ozono	1	0.274
Uv	0.221	1	Uv	0.274	1

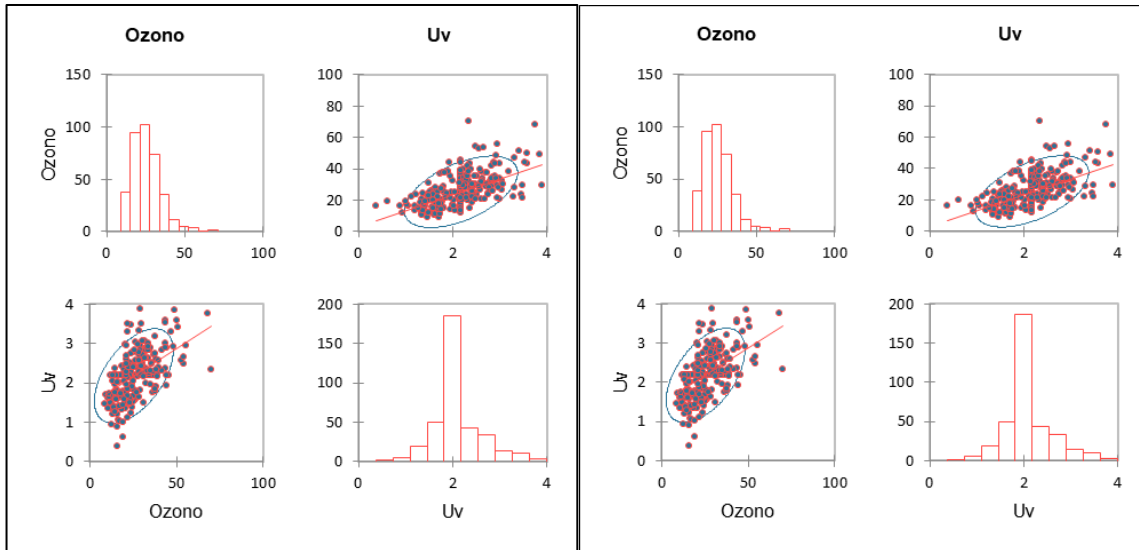
Nota: (Propia del Autor, a). Después de realizar los cálculos del coeficiente de Pearson en el Software XLSTAT donde el coeficiente de determinación es $r=0,221$, lo que nos indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) Por otra parte en el método de Spearman existe una correlación débil debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,274$. Se da esta interpretación tomamando en cuenta lo que dice la Tabla 6.

Figura 23.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao año, 2020.

a) Método Pearson

b) Método Spearman

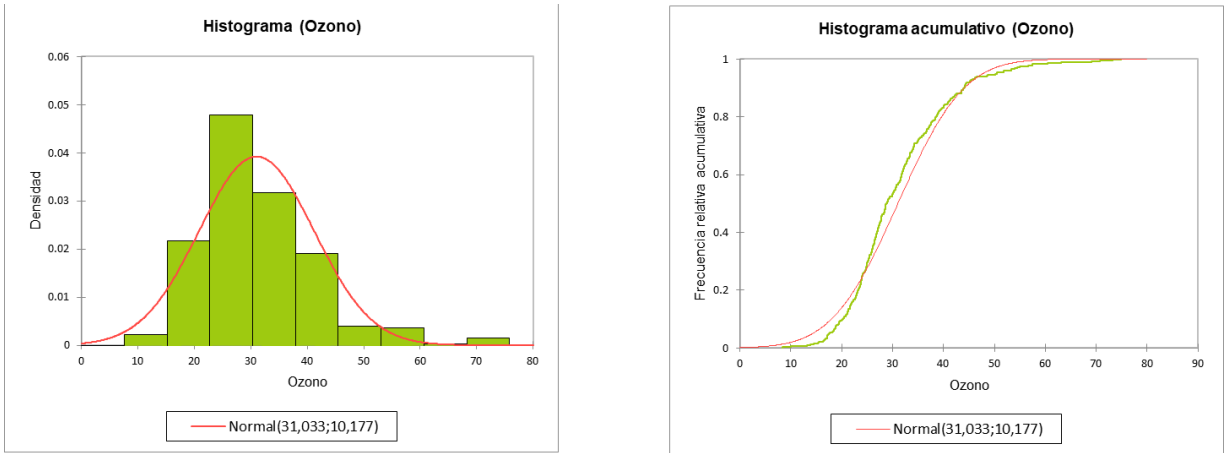


Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.286	Ozono	1	0.286
Uv	0.286	1	Uv	0.286	1

Nota: (Propia del Autor,a). En la Figura 23, se observa que tanto para el método de Pearson y Spearman tienen una correlación media, debido a que su coeficiente de determinación para los dos métodos estudiados es de $r=0.286$. Dicha interpretación está basada en la Tabla 6 la cual se encuentra propuesta anteriormente.

Figura 24.

Histograma e Histograma acumulativo de Ozono de la Estación Guamaní año 2020.



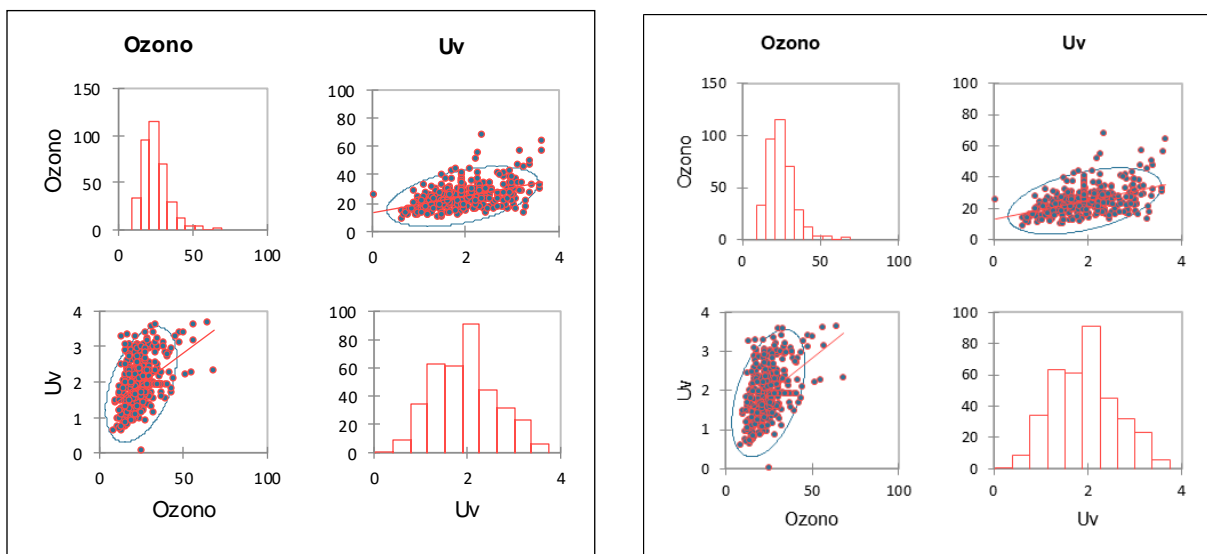
Nota: Propia del Autor, en la figura 21 se puede observar en el histograma, que el ozono cuenta con una distribución normal, lo que significa que este contaminante cuenta con el seguimiento de distribución de algún fenómeno natural, se considera distribución normal cuando el grafico tiene forma de campana.

Figura 25.

Correlación entre el promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Centro año, 2021.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Ozono	Uv	Variables	Ozono	Uv
Ozono	1	0.209	Ozono	1	0.195
Uv	0.209	1	Uv	0.195	1

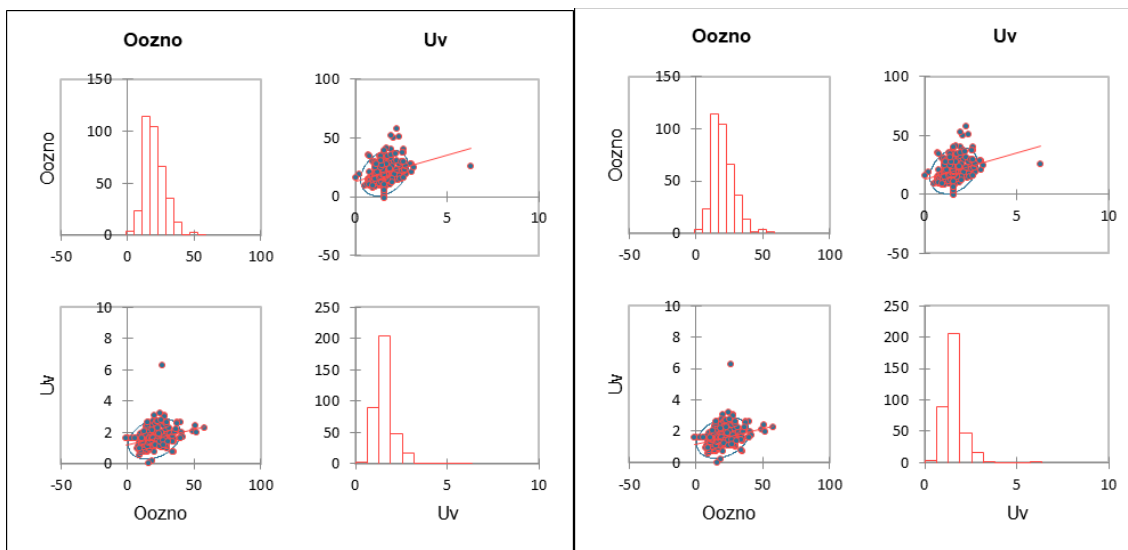
Nota: (Propia del Autor, a). Después de realizar los cálculos del coeficiente de Pearson en el Software XLSTAT donde el coeficiente de determinación es $r=0,209$, lo que nos indica que tiene una correlación baja entre las dos variables. b) Por otra parte en el método de Spearman existe una correlación débil debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,195$. Se da esta interpretación tomamando en cuenta lo que dice la Tabla 6.

Figura 26.

Correlación entre datos de promedio anual de ozono vs datos promedio anual de Radiación UV de la Estación Cotocollao año 2021.

a) Método Pearson

b) Método Spearman



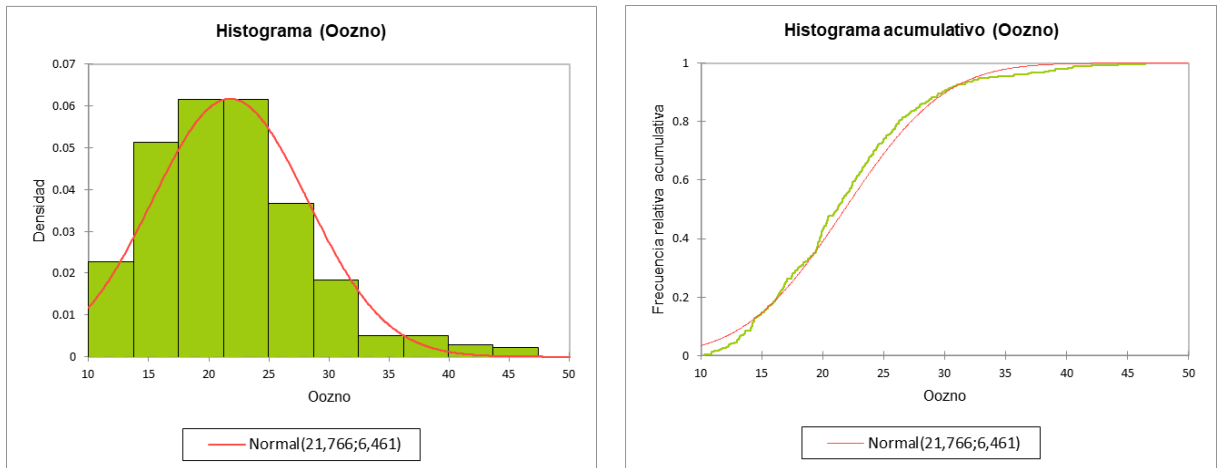
Coeficientes de determinación (Pearson):			Coeficientes de determinación (Spearman):		
Variables	Oozno	Uv	Variables	Oozno	Uv
Oozno	1	0.088	Oozno	1	0.103
Uv	0.088	1	Uv	0.103	1

Nota: (Propia del Autor, a). Después de realizar los cálculos del coeficiente de Pearson en el Software XLSTAT donde el coeficiente de determinación es $r=0,088$, lo que nos indica que tiene una correlación débil entre las dos variables.

una correlación baja entre las dos variables. b) Por otra parte en el método de Spearman existe una correlación débil debido a que su coeficiente de determinación es de $r=0,103$. Se da esta interpretación tomamando en cuenta lo que dice la Tabla 6.

Figura 27.

Histograma e Histograma acumulativo de Ozono de la Estación Guamaní año 2021.

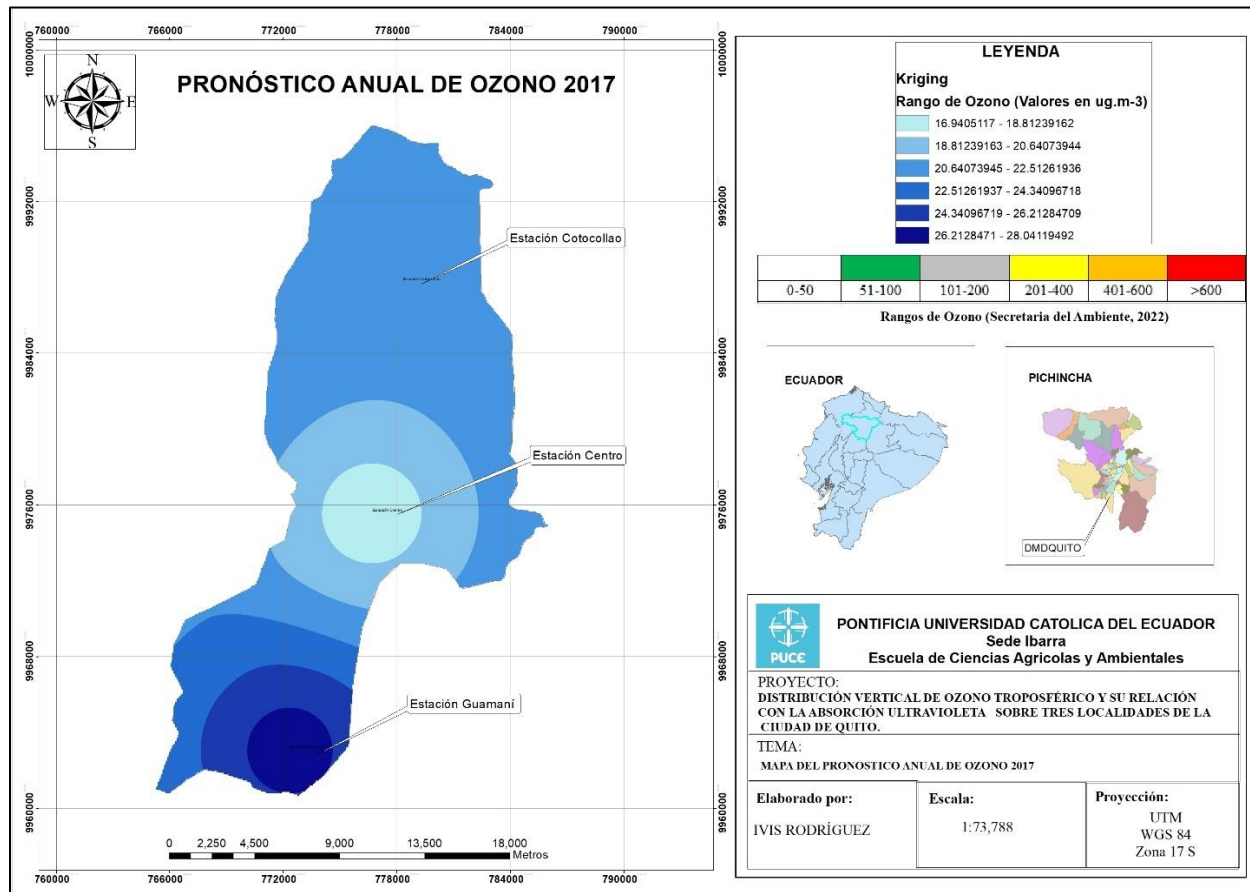


Nota: Propia del Autor, en la figura 24 se puede observar en el histograma, que el ozono cuenta con una distribución normal de sesgo positivo, lo que significa que este contaminante cuenta con el seguimiento de distribución de algún fenómeno natural, se considera distribución normal cuando el grafico tiene forma de campana.

5.2. Mapas Temáticos sobre Ozono Troposférico y Radiación Ultravioleta.

Figura 28.

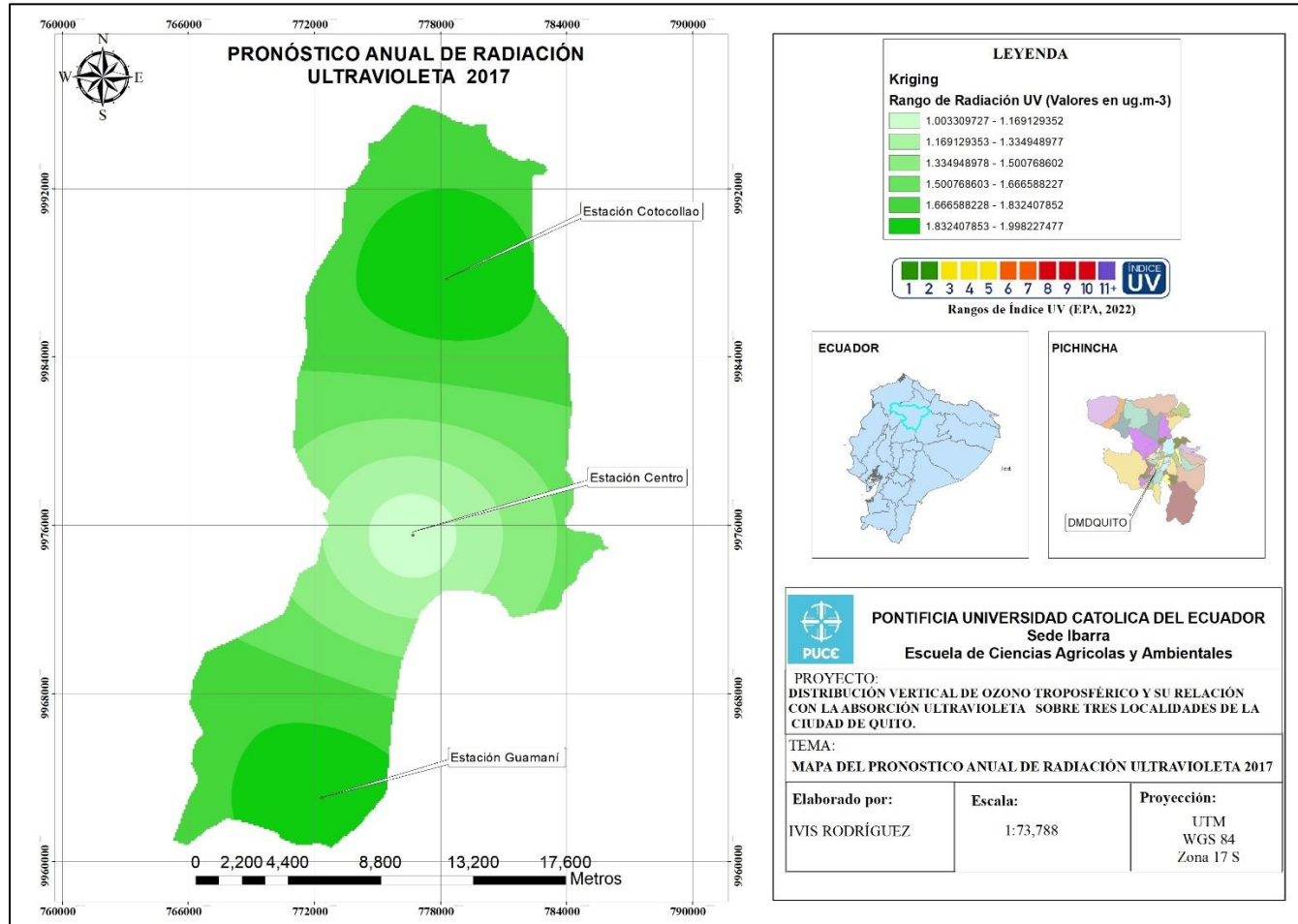
Mapa del Pronóstico Anual de Ozono 2017.



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 28 se observa los pronósticos anuales de Ozono para el año 2017, donde el color azul más intenso indica que la mayor concentración Ozono se encuentra en la Estación Guamaní con un promedio de 28,04 ug.m-3.

Figura 29.

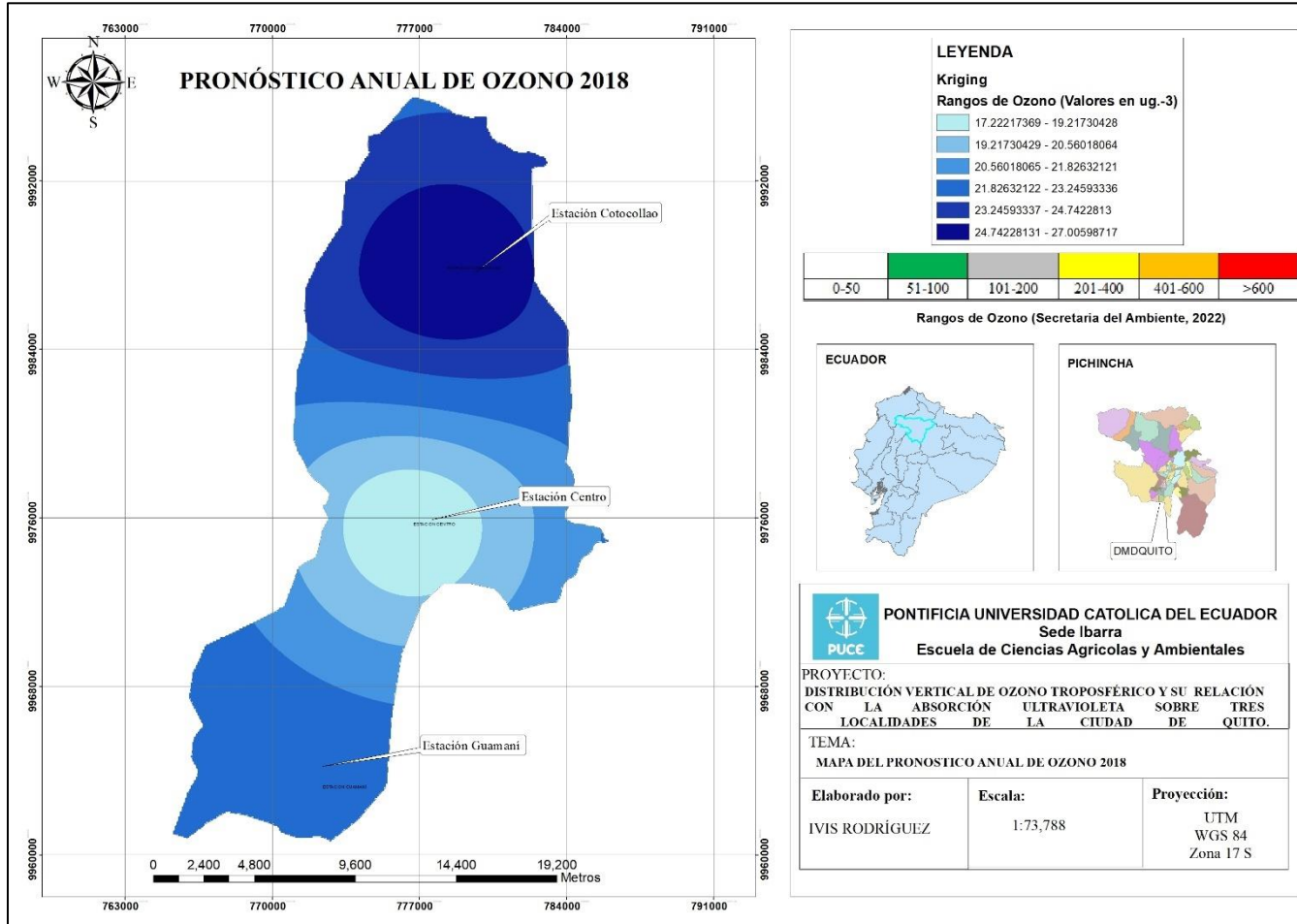
Mapa del Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2017.



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 29, se observa los pronósticos anuales de Radiación UV para el año 2017, donde el color verde más intenso indica que los sectores con mayor radiación se encuentran en la Estación Cotacollao con un promedio anual de 1,83 ug.m-3 y en la Estación Guamaní con un promedio anual de 1,99 ug.m-3.

Figura 30.

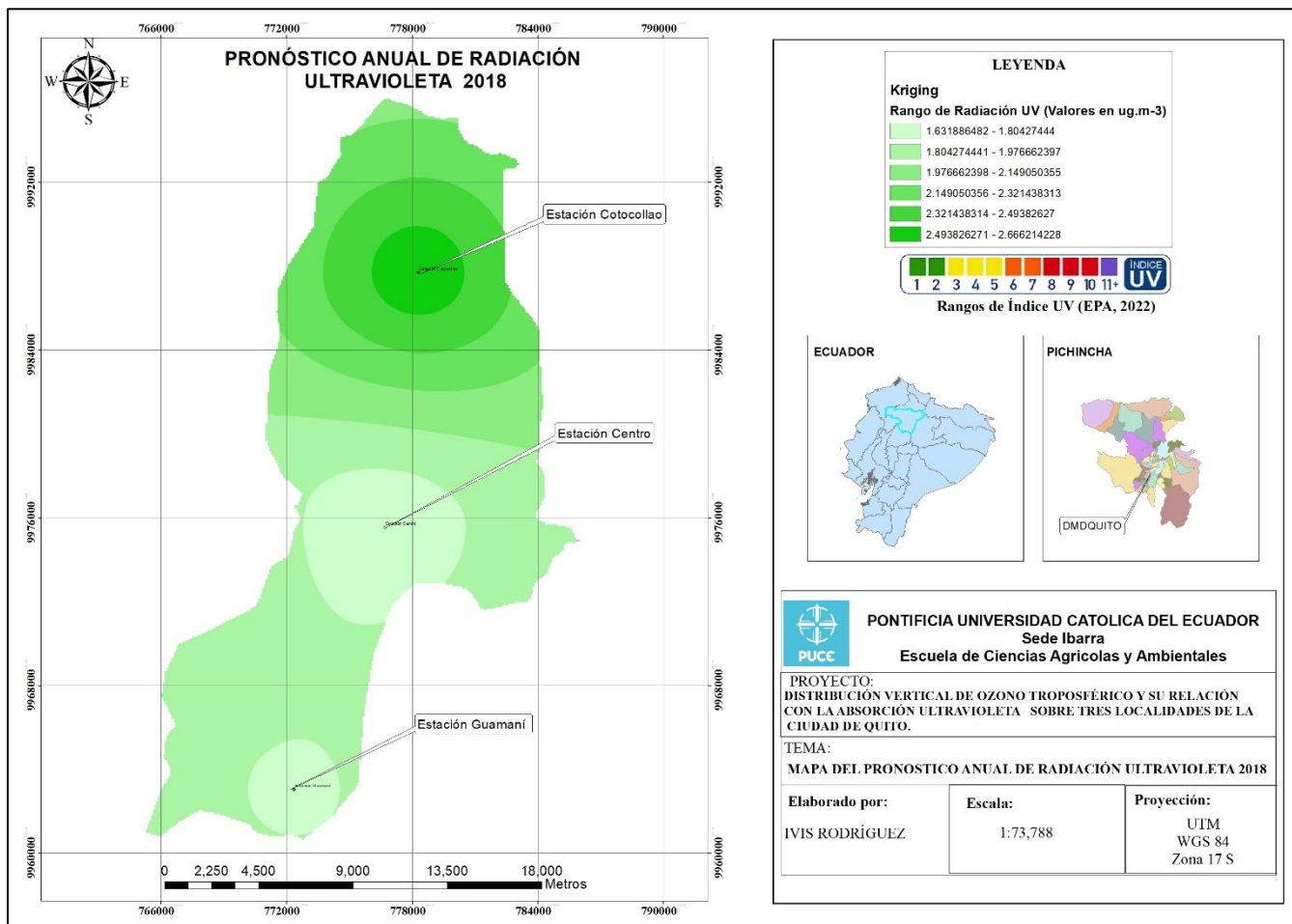
Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2018.



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 30, se observa los pronósticos anuales de Ozono para el año 2018, donde el color de azul más intenso indica que la mayor concentración Ozono se encuentra en la Estación Cotacollao con un promedio anual de 27 ug.m-3.

Figura 31.

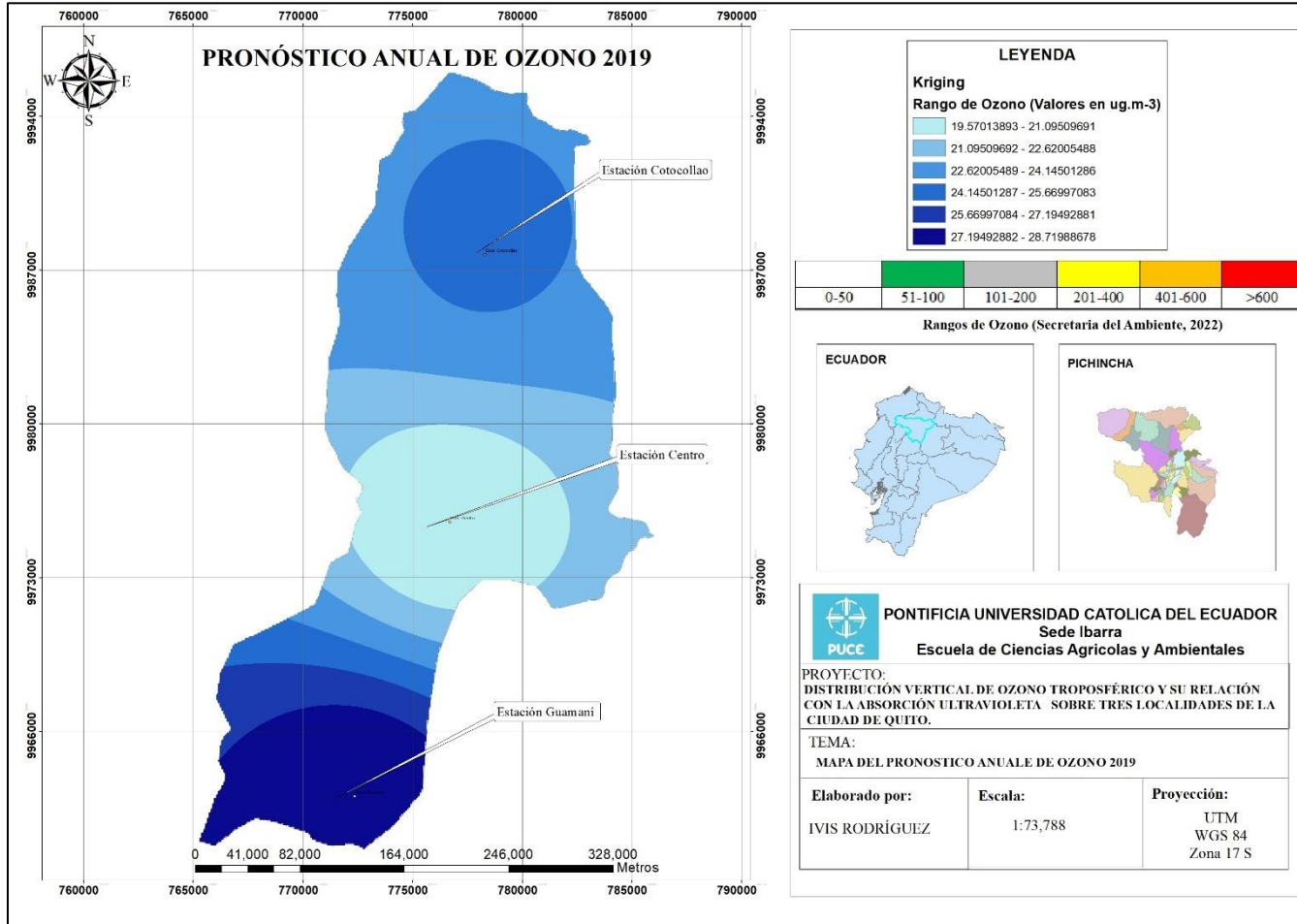
Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2018.



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 31, se observa los pronósticos anuales de Radiación UV para el año 2018, donde el color verde más intenso indica que el sector con mayor radiación se encuentra en la Estación Cotocollao con un promedio anual de 2,66 ug.m-3, mientras el color verde menos intensidad de radiación UV.

Figura 32.

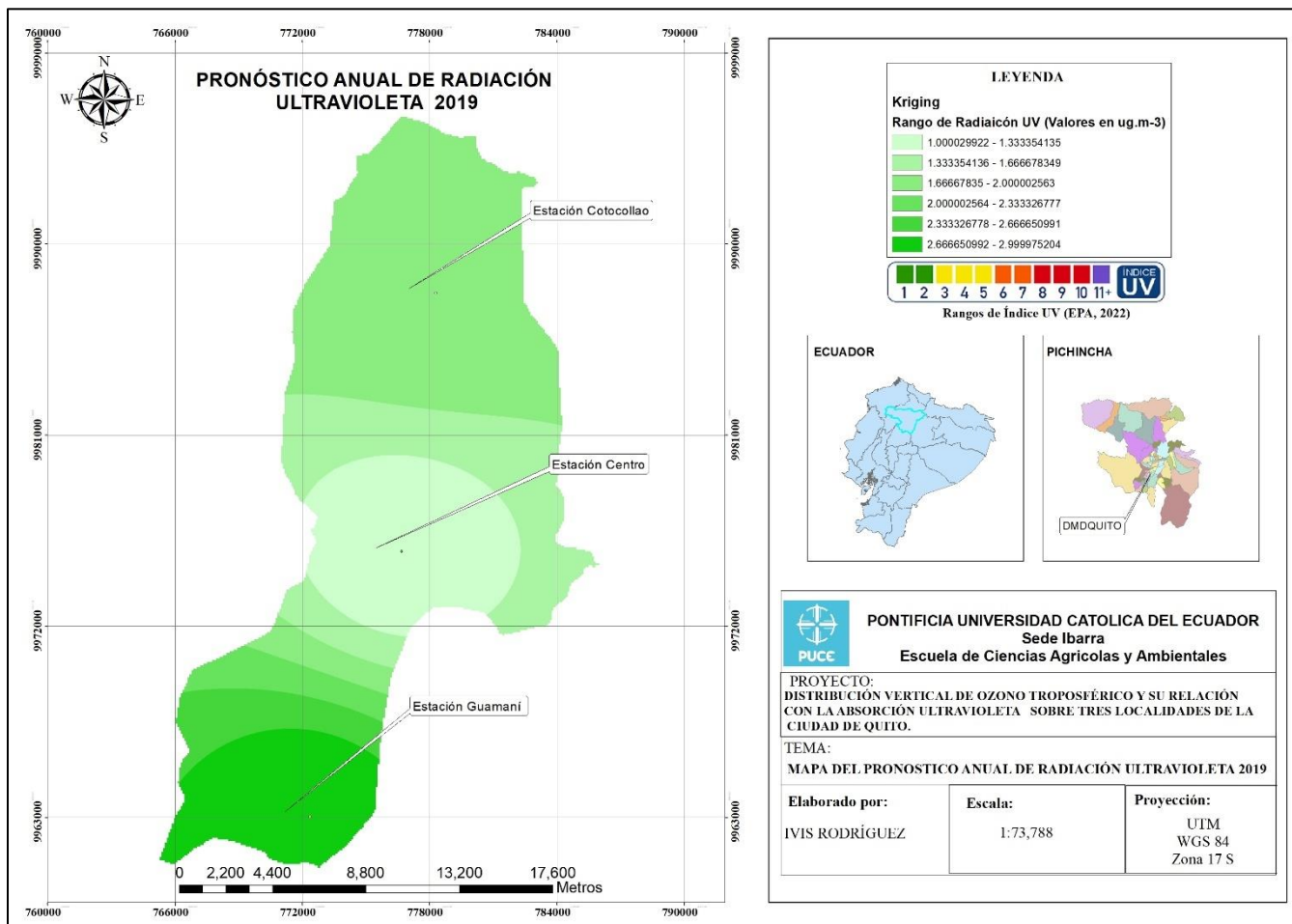
Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2019.



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 32 se observa los pronósticos anuales de Ozono troposférico para el año 2019, donde por su gama de colores intenso indica que la mayor concentración Ozono se encuentra en la Estación Guamaní con un promedio anual de $28,71 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Figura 33.

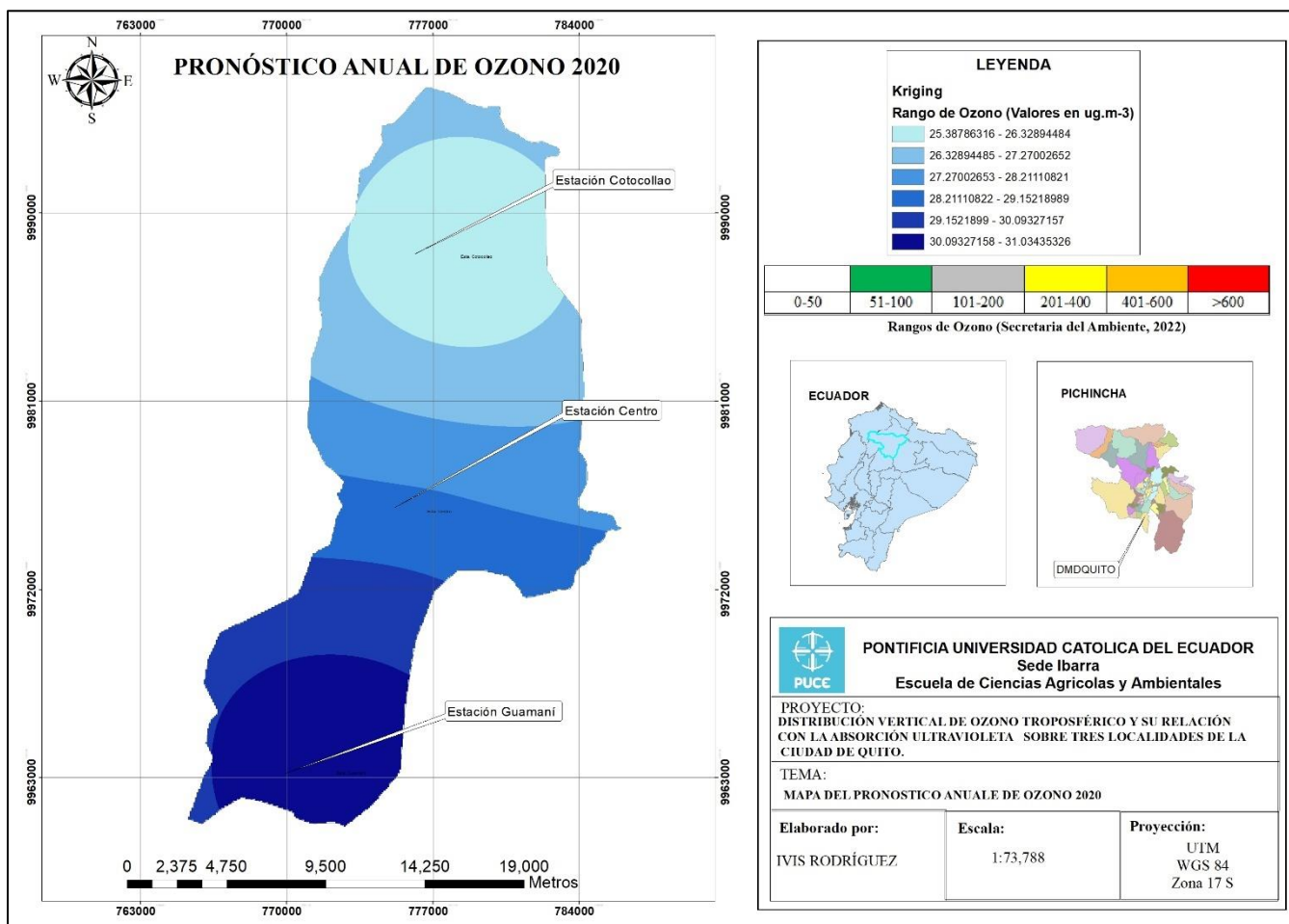
Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2019



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 33 se observa los pronósticos anuales de Radiación UV para el año 2019, donde el color más intenso indica que el sector con mayor radiación UV se encuentra en la Estación Guamaní con un promedio anual de 2,99 ug.m-3.

Figura 34.

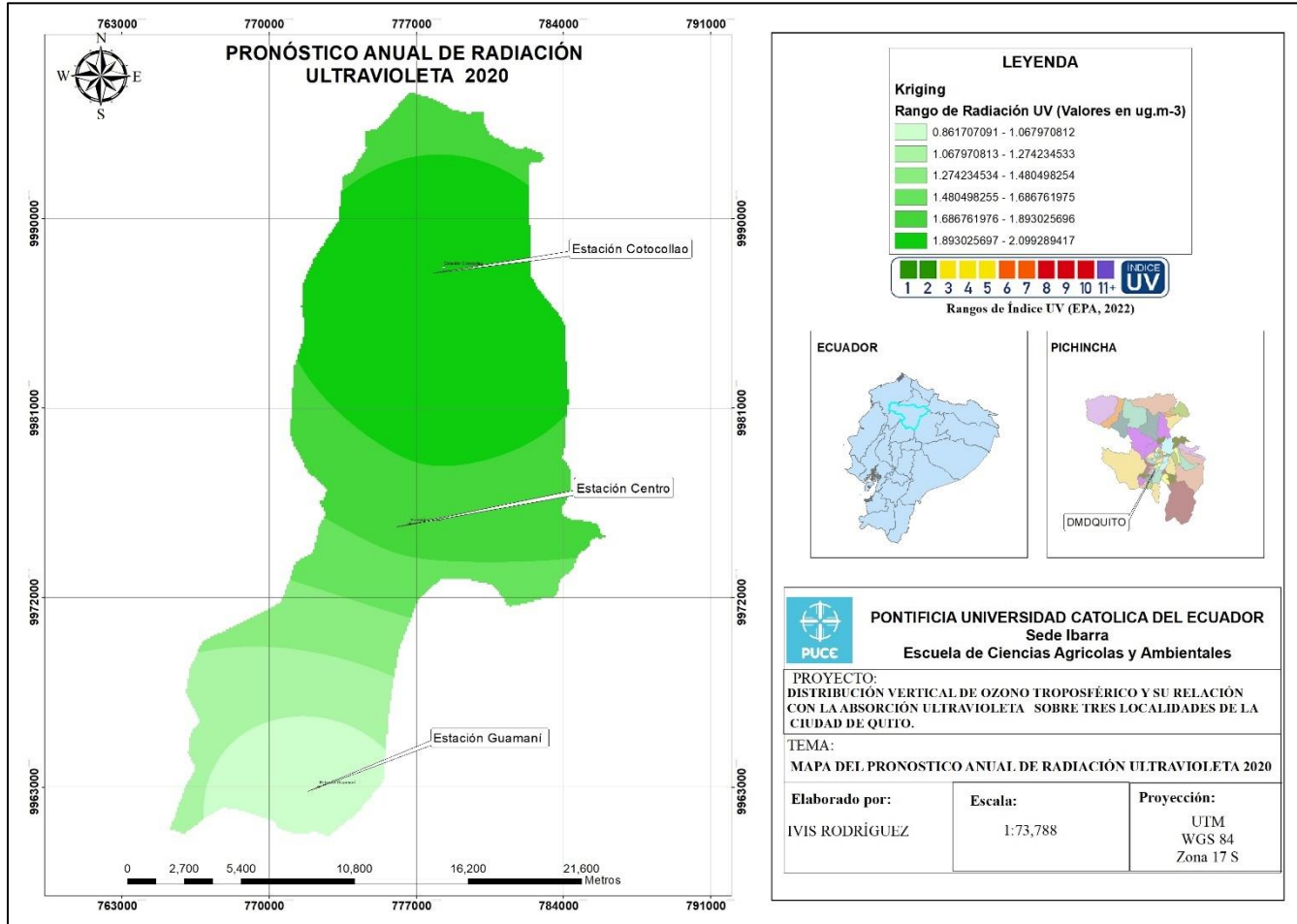
Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2020



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 34 se observa los pronósticos anuales de Ozono para el año 2020, donde por su gama de color más intenso indica que la mayor concentración Ozono se encuentra en la Estación Guamaní con un promedio anual de 31.04 ug.m-3.

Figura 35.

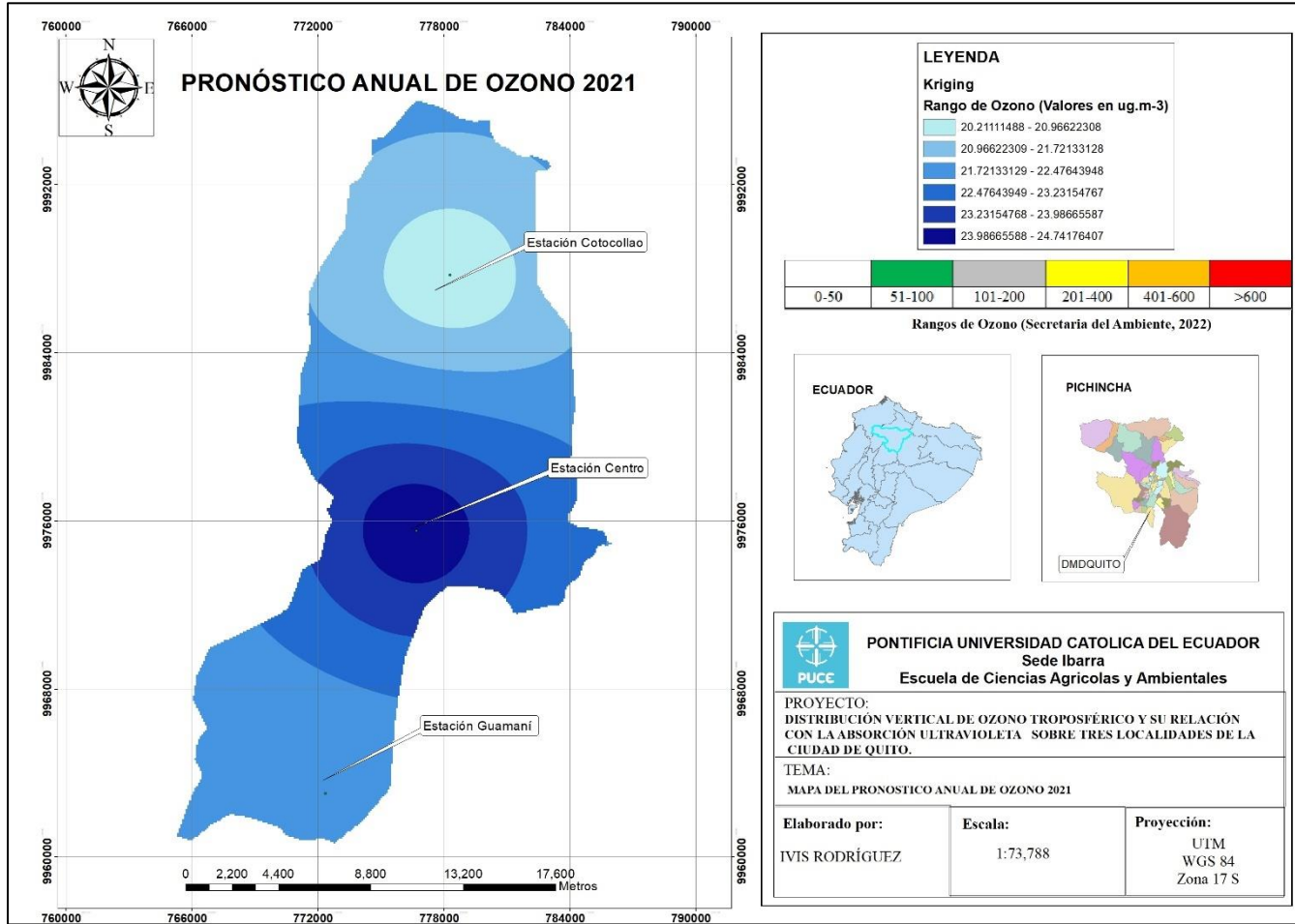
Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2020



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 35 se observa los pronósticos anuales de Radiación UV para el año 2020, donde por su gama de color verde más intenso indica que el sector con mayor radiación se encuentra en la Estación Cotocollao con un promedio anual de 2,09 ug.m-3.

Figura 36.

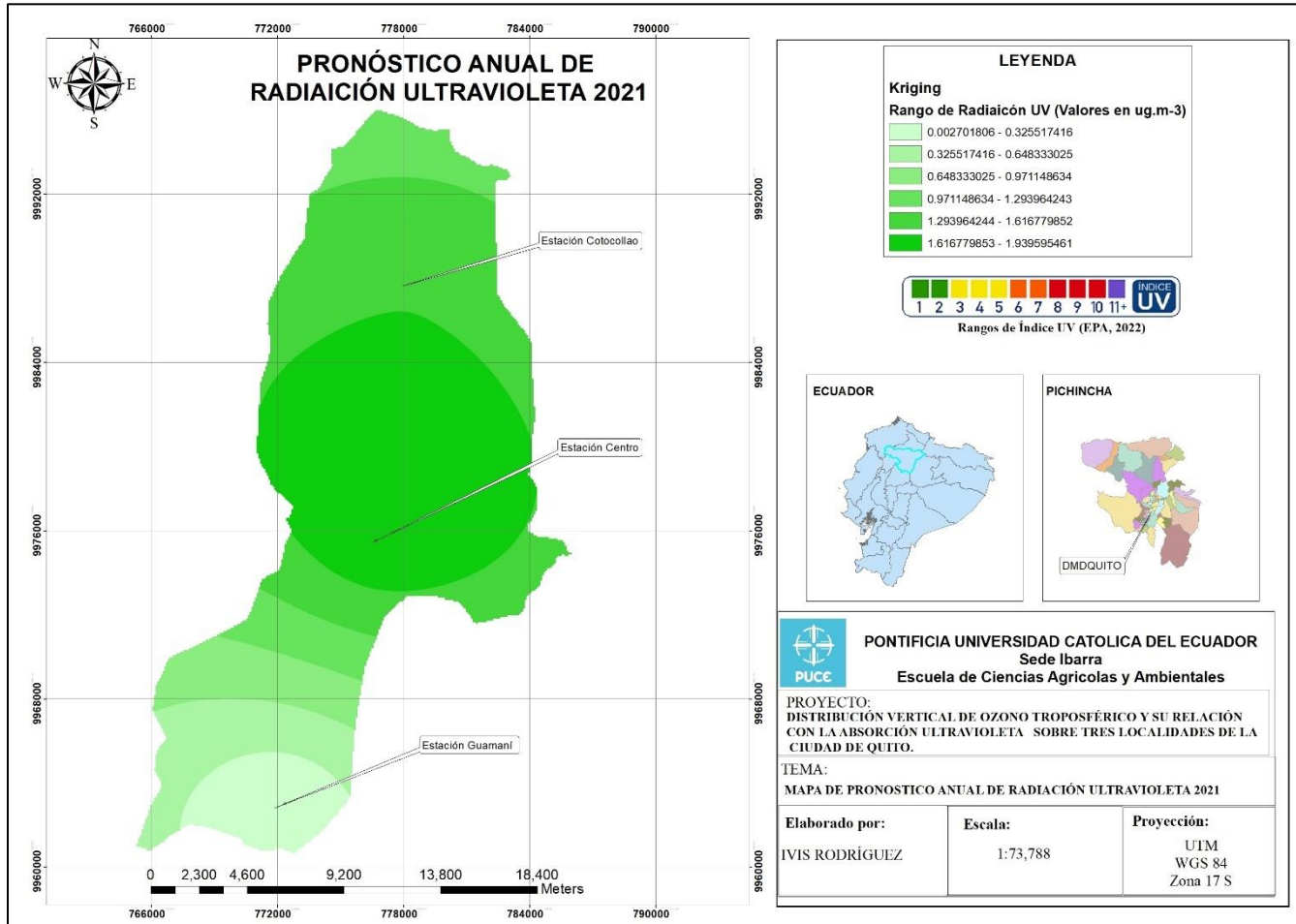
Mapa de Pronóstico Anual de Ozono 2021



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 36 se observa los pronósticos anuales de Ozono para el año 2021, donde por su gama de color azul más intenso indica que la mayor concentración Ozono se encuentra en la Estación Centro con un promedio anual de 24.74 ug.m-3.




Figura 37.

Mapa de Pronóstico Anual de Radiación Ultravioleta 2021



Nota: (Propia del Autor, a). En la Figura 37 se observa los pronósticos anuales de Radiación UV para el año 2021, donde por su gama de color intenso indica que el sector con mayor radiación se encuentra en la Estación Centro con un promedio anual de 1,93 ug.m-3.

5.3. Plan de Acción

Título	Plan de Acción de Alerta por Ozono para el Distrito Metropolitano de Quito.		
Objetivo general	Plantear medidas para disminuir la producción de ozono en diferentes sectores de la ciudad y a su vez alertar a la población en caso de que el contaminante sobrepase los límites máximos permisibles según la legislación nacional e internacional.		
Rangos permisibles	Ozono (O3) 100 µg/m3, en el lapso de ocho horas diarias una vez al año. (TULSMA, 2015)		
Niveles de ozono	Alerta 	Alarma 	Emergencia 
Concentración promedio en ocho horas (µg/m3) (TULSMA, 2015)	200 µg/m3	400 µg/m3	600 µg/m3

Acciones

Gobierno

- Las acciones para el Gobierno e instituciones encargadas de controlar las emisiones atmosféricas en el país deberán de seguir las siguientes acciones.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), es el ente encargado de controlar todas las acciones que afecten de forma negativa al ambiente, el MAATE deberá de poner sanciones más fuertes para de esta manera poder disminuir las emisiones

emitidas por las empresas que se encuentran del DMQ y a su vez realizar campañas para la reducción de concentraciones de Ozono.

- La Secretaría de Ambiente del DMQ, deberá de realizar monitoreos constates para que mediante sus canales oficiales alerten a la población de que existe concentraciones altas de Ozono.

Industrias

- Uso de tecnología limpia para reducir las emisiones por fogones industriales. Mejorar la gestión de residuos urbanos y agrícolas, como la recuperación de gas metano de los vertederos (para su uso como biogás) en lugar de quemarlo.
- Para todo el personal que se encuentre en zonas abiertas deberán de ponerse en zonas cerradas para evitar consecuencias por altas concentraciones de ozono Troposférico.
- Si dentro del personal existen personas con enfermedades respiratorias todas sus actividades deberán de realizarlas en el interior de la empresa.

Transporte

- Introducción de métodos de generación de energía renovable. Priorizar el transporte urbano, los carriles para peatones y bicicletas intraurbanos, y el transporte ferroviario interurbano de mercancías y pasajeros.
- Uso de vehículos pesados que funcionan con biodiesel, vehículos y combustibles de bajas emisiones, especialmente combustibles bajos en azufre.
- El municipio de Quito deberá de mejorar su sistema de pico y placa para disminuir la congestión vehicular y a su vez ayudar a la disminución de concentraciones de Ozono.

**Instituciones
educativas**

- Realizar charlas recreativas a los niños, para de esta manera ir inculcando las medidas que se deben de tomar para la reducción de Ozono troposférico.
- Donde ellos tengan en cuenta que deberán de desconectar los dispositivos electrónicos cuando no se usan para de esta manera reduce la demanda de energía.
- Los niños y jóvenes deberán de permanecer en zonas cerradas y evitar los exteriores.
- En caso de que tenga que estar en el exterior deberá de usar gafas, ropa que cubra la gran parte de su cuerpo y mascarilla, ya que el ozono afecta a las vías respiratorias y a la vista causando irritación.

**Centros de
salud.**

- Deberán de tener a disposición todos los instrumentos para atender emergencias en caso de que lleguen personas adultas, niños con afectaciones de ozono troposférico.

**Población en
general**

- No exponerse al exterior en días muy soleado ya que existe la posibilidad de que los rangos de ozono sobrepasen los límites permisibles en esas condiciones.
 - No realizar actividades físicas fuera de casa, ni salir a pasear con mascotas.
 - Evitar salir al mediodía (12:00) debido a que el ozono es más alto en esas horas. También se deberá de tener precaución cuando los días son muy soleados y en época de verano.
-

5.4. DISCUSIÓN

Las tres zonas monitoreadas se evaluaron por un periodo de 5 años con datos horarios en las estaciones automáticas, para poder ser comparadas con la Tabla 4 de la Norma de Calidad del Aire Anexo VI (TULSMA, 2015). Para el año 2017, la Estación Guamaní fue la estación con más concentración promedio anual de Ozono (28.04 ug.m^{-3}). Mientras que para las estaciones Cotocollao con un promedio anual de concentración de Ozono de $20,64 \text{ ug.m}^{-3}$ y Centro con un promedio anual de 18.81 ug.m^{-3} .

En el 2018, la Estación Centro reflejó una mayor concentración de O_3 , obteniendo un promedio anual de 27.05 ug.m^{-3} . Mientras que las estaciones Centro y Guamaní, mostraron concentraciones más bajas; 19.21 ug.m^{-3} y 20.56 ug.m^{-3} , respectivamente, en el mismo año. Durante el 2020, la Estación Guamaní fue la que presentó mayor concentración de Ozono con un promedio anual de $31,03 \text{ ug.m}^{-3}$, mientras que las demás estaciones mantuvieron concentraciones similares a los años pasados. Estos resultados se deben a varios factores como la ubicación, la densidad de población, grandes industrias, aumento del tráfico, especialmente de vehículos en mal estado, entre otros factores que lograron cambiar las concentraciones de contaminantes (Flacso, 2010).

En la ciudad de Barranquilla se han realizado estudios analíticos de calidad del aire, con especial enfoque en la formación y comportamiento del ozono, con una metodología cronológica y de correlaciones, que opera según la tecnología de absorción UV a 254 nm . Esta tecnología basada en la ley de Lambert-Beer, que relaciona la concentración de ozono con la intensidad de radiación UV medida, ha registrado en las estaciones ubicadas al norte de la ciudad, concentraciones máximas entre 60 y $70 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$, mientras que, en las estaciones urbanas, un promedio general de $20 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$ de ozono (Delgado & Saborit, 2004), lo que discrepa con este estudio en la ciudad de Quito especialmente en Guamaní la máxima encontrada de ozono es de $31,03.9 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$ en otras estaciones como Cotocollao y por el Centro las concentraciones medias están entre $26,32 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$ y $27,27 \text{ }\mu\text{g.m}^{-3}$.

Mediante la Figura 24, se observó que, en Guamaní, existe una distribución normal al compararle con otros fenómenos naturales como la Radiación UV, este resultado era esperado debido al comportamiento teórico del Ozono (Mantilla et al., 2010), explica que el Ozono se va formando

al unirse con componentes como el smog fotoquímico y la radiación UV, por tal motivo es que este contaminante cuenta con una distribución normal.

En el resultado de las correlaciones de Pearson y Spearman para todas las estaciones se observó que existe correlación entre la concentración de Ozono versus la Radiación UV a pesar de que sus valores no fueron significativos debido a que no existe una relación lineal directa entre las variables estudiadas (SPSS, 2021).

En Barranquilla, en la investigación, existe un interés en conocer la asociación entre variables, es por esto que el método de correlación se encarga en determinar este grado de asociación se utilizó el método Spearman, debido a la naturaleza no paramétrica de los datos, para estudiar la correlación entre las concentraciones de ozono troposférico y variables meteorológicas, como temperatura, radiación solar, velocidad del viento y porcentaje de humedad, utilizando el programa estadístico IBM SPSS 22, las cuales fueron positivas y significativas con todas las variables menos con la humedad la cual fue negativa y significativa (Delgado & Saborit, 2004), En contraste en nuestra investigación se analizó varios parámetros: radiación UV y Ozono troposférico los cuales la mayoría arrojaron valores esperados teóricamente pero no fueron significativos debido al p-valor $>0,05$.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Se propuso un Plan de Acción, mediante la utilización de datos obtenidos de la distribución vertical, para poder alertar a la población cuando los límites permisibles hayan sido sobrepasados de Ozono (O_3), es una medida que se la toma de forma necesaria para poder alertar a la población, ya que en los informes de calidad de aire emitidos por la Secretaría de Ambiente del DMQ, la ciudad ha registrado concentración que pasan de los límites permisibles para el Ozono.

La información obtenida de la Secretaría de Ambiente del DMQ sobre concentraciones de ozono troposférico y radiación UV fueron muy útiles para realizar esta investigación y poder llegar a determinar si existe relación entre estas dos variables.

La investigación realizada permitió conocer el comportamiento del ozono troposférico y su correlación existente con la concentración de parámetros atmosféricos como la Radiación UV en las estaciones de la REMMAQ: Cotocollao, Centro y Guamaní con la ayuda del coeficiente de Pearson y Spearman y los diagramas de dispersión en los softwares Excel, XLSTAT y ArcGIS.

En cuanto a los mapas de ozono y radiación UV obtenidos del software ArcGIS, se puede demostrar que existe una relación ya que en la Figura 32 y 33 se observa que tanto en el Ozono troposférico y radiación UV en el sector de Guamaní sus concentraciones son altas, lo que demuestra que a mayor radiación UV existirá mayor concentración de Ozono troposférico en zonas industrializadas, esto debido a que los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) expulsados por las industrias reaccionan con la luz del sol y se convierte en ozono troposférico.

Al realizar el análisis de correlación tanto de Pearson como de Spearman, se obtiene que si existe correlación entre las dos variables estudiadas a pesar de que sean muy bajas en ningún año no existe correlación.

Las concentraciones de Ozono no deberán de exceder más 100 $\mu g \cdot m^{-3}$ dentro de ocho horas en más de una ocasión al año, en la investigación en ningún año excede este límite.

La mayor zona con concentración de Ozono es Guamaní ya que en el año del 2020 se obtuvo un promedio anual de 31,04 ug.m-3, esto debido a que este sector es conocido como parque industrial del Distrito Metropolitano de Quito.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede aportar las siguientes recomendaciones:

Realizar estudios similares incrementando de variables que influyan en la formación de ozono troposférico, especialmente en zonas industriales de la ciudad de Quito y alrededores.

Las entidades de control deben ser más restrictiva al momento de emitir permisos de funcionamiento a industrias que son emisoras directas de contaminantes primarios a la atmósfera, como industria siderúrgica.

Se deben analizar otros precursores del ozono, como el metano, compuestos orgánicos volátiles, clorofluorocarbonados, hidrocarburos, entre otros, así como la dirección y velocidad del viento.

Los vehículos, industrias de disolventes, plantas siderúrgicas, etc., debe ser mantenidos en buen estado de funcionamiento y con mantenimientos continuos para reducir las emisiones de precursores del ozono troposférico.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. (2012). *El Ozono*.
<https://www.redalyc.org/pdf/535/53559383005.pdf>
- Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. (2008). *El Informe HIPERIÓN Antecedentes*.
- ArcGIS. (2017). *¿Qué es ArcGIS? / ArcGIS Resource Center*.
<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. (2011). *Cantón Quito - AME*.
<https://ame.gob.ec/2010/05/20/canton-quito/>
- Camilloni Inés, & Vera Carolina. (2019). *La atmosfera - Explora*.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/43428398/csnat03-la-atmosfera-explora>
- Delgado. (2005). *DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE MEDIDA*.
- Delgado Saborit, J. M. (2004). Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea. En <https://www.tdx.cat/handle/10803/10539?show=full> (Ed.). Universitat Jaume I, Castellón de la Plana.
- Díaz Suárez, V., Díaz, V., María, S., Bahamonde, C., Bolaños, A., Altamirano, C., López, D., Acosta, D., Pallango, E., Sosa, E., Alvear, J., Montenegro, J. L., Sosa, J., Guerrón, K., Bahamonde, M., Guanoluisa, L., Freire, P., & Romero, P. (2018). *Investigación Análisis y Monitoreo Secretaría de Ambiente*. 7. www.quitoambiente.gob.ec,
- El coeficiente de correlación*. (2017).
- Enrique Mantilla, Núria Castell, Rosa Salvador, Cesar Azorín, Millán, José Vicente Miró, & Lucía Juan. (2010). *OZONO TROPOSFÉRICO Y CALIDAD DEL AIRE*.

- EPA. (2022, June 14). *Cómo calcular el índice UV | US EPA*. <https://espanol.epa.gov/espanol/como-calcular-el-indice-uv>
- Escala del índice UV | US EPA*. (2022). <https://espanol.epa.gov/espanol/escala-del-indice-uv>
- Excel. (2011). *¿Qué es Excel, para qué sirve y cómo funciona? - ExcelParaTodos*. <https://excelparatodos.com/que-es-excel/>
- Fahey, D. W. (2002). *Evaluación Científica del Agotamiento de Ozono*.
- Flasco. (2010). *Quito ciudad, capital del Ecuador*. <http://www.quito.com.ec/guia/>
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. C. (IDEAM). (2008). *FORMACIÓN Y DESTRUCCIÓN DEL OZONO* . <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/formacion-y-destruccion-del-ozono-estratosferico>
- Instituto de Hidrología, M. y E. A. (IDEAM). (2005). *RADIACIÓN SOLAR* - . <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- Llorente Analía, & BBC News Mundo. (2018, September 16). *Cuál es el estado del agujero de la capa de ozono y a qué países de América Latina afecta más - BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45529409>
- Martínez. (2017). *Climatología del Ozono estratosférico y de la Radiación Ultravioleta en Galicia* . 1–20.
- Ministerio de Ambiente Uruguay. (2020, August 7). *¿Qué es el ozono?* . <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/es-ozono>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2011). *Gases precursores de ozono troposférico*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_precursores_ozono.aspx
- Montoya, A, & Tamayo, M. (2013). Técnicas de medición de ozono: Métodos tradicionales frente al método de cámara de absorción con led ultravioleta como fuente de luz. *Gestión y Ambiente*, 16(2), 95–104. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/39570>

OAS.ORG. (2005). *Capítulo 8. Plan de acción ambiental*.
<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea10s/ch011.htm#TopOfPage>

Organización Mundial de la Salud, Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, & Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. (2003). *índice Uv solar mundial* . <http://www.who.int/uv>

Ortega, R., Pendás, L., Ortega, M., Abreu, A., & Cánovas, A. (2009). ‘El coeficiente de correlación de los rangos de spearman caracterización’. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*.

Oswaldo, H., & Ballesteros, B. (2010). *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA, EL ÍNDICE UV Y SU PRONÓSTICO DOCUMENTO TÉCNICO DE RESPALDO A LA INFORMACIÓN EN LA PÁGINA WEB DEL IDEAM*.

Portolés, J. (2001). El ozono atmosférico, ¿benefactor o malhechor? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 18(3).

Robert Leo Smith, & Thomas M. Smith. (2001). *Ecología. 4 Edición*, 642–642.

Sánchez. M. (2016). La capa de ozono. *Biocenosis*, 21(1–2).
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1276>

Santana, J., & Farfán, E. (2014). El arte de programar en R: un lenguaje para la estadística. Recuperado el 2021 de 12 de 01, de 83 http://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/elarte-de-programar-enr/files/assets/basic-html/index.html#1

Secretaría de Ambiente. (2018, October 22). *Secretaría de Ambiente monitorea permanente la radiación UV en Quito – Quito Informa*.
<http://www.quitoinforma.gob.ec/2018/10/22/municipio-monitorea-permanente-la-radiacion-uv-en-quito/>

Secretaría de Ambiente. (2022). *Red de Monitoreo*.
<http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>.

SPSS. (2021). *Correlaciones*

TULSMA. (2015). *REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto*. www.lexis.com.ec

Universidad de Murcia. (2015). *La Atmósfera*. https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/programa_ctma.pdf

XLSTAT. (2022). *XLSTAT | Software estadístico Excel*. <https://www.xlstat.com/es/>

8. ANEXOS

Anexo 1. Oficios enviados a la secretaria del Ambiente.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
SEDE IBARRA

Ibarra, 31 de mayo de 2022
Oficio No. 193 - DIR - ECAA

Magister
Cecilia Pacheco
SECRETARIA DE AMBIENTE DE QUITO
Presente. -

Mediante el presente le expresamos un atento y cordial saludo desde la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra y nuestro anhelo de éxitos en las funciones que usted desempeña.

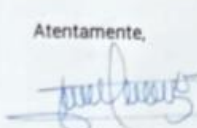
El motivo de la presente es poner en su conocimiento que la Srta. Ivis Yomira Rodríguez Ortega, estudiante de la carrera de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo se encuentra realizando su trabajo de titulación: "Distribución Vertical del Ozono Estratosférico, Troposférico y su Relación con la Absorción Ultravioleta Sobre el Ecuador", quien trabajará bajo la tutela y acompañamiento de la Mgs. Ibeth Chiluiza en calidad de directora.


Como insumos de este estudio, ha tomado los datos de Ozono troposférico (atmosférico), disponibles en su página web: Red metropolitana de monitoreo atmosférico de Quito (<http://datos.quitoambiente.gob.ec/descarga.html>), sin embargo, actualmente no puede acceder a mencionado link, haciéndole falta aún los siguientes datos, que solicito por favor le proporcione:

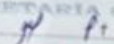
1. Datos diarios de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 de las mediciones de UV (troposférico y estratosférico) realizadas por sus estaciones meteorológicas.
2. Confirmar si disponen de datos diarios de los mismos años, con las mismas frecuencias de medición y ubicación geográfica, de Ozono estratosférico y facilitar dicha información.
3. Especificar el tipo de radiación UV que detectan las estaciones (UV-A, UV-B o UV-C).
4. Por favor, indicar si las mediciones de UV y Ozono se realizaron en las mismas coordenadas geográficas.

Segura de contar con su pronta, gentil y favorable respuesta en beneficio de la formación académica y profesional de nuestros estudiantes, le reitero mi agradecimiento

Atentamente,


Ph.D. Yadira Ordóñez
DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
sc



SECRETARIA GENERAL
RECIBIDO POR: 
FECHA: 06 JUN 2022
HORA: 12:51
NO. DE REGISTRO:
NO. FOLIO:
IMPRESIONES:

Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit, Cda "La Victoria"

Ibarra, 22 de junio de 2022

Oficio No. 246 –DIR - ECAA

Magister
Cecilia Pacheco
Secretaria de Ambiente de Quito
Presente. –

Con un cordial saludo, me suscribo a usted para agradecer la información enviada mediante Oficio Nro. GADDMQ-SA-2022-0977-O del 09 de junio de 2022 en respuesta a nuestra solicitud ingresada a través del documento GADDMQ-SA-CAF-2022-2065-E (Oficio No. 193-DIR-ECAA), el 06 de junio del presente año.

Información muy valiosa para el desarrollo de la tesis de grado de nuestra estudiante Ivis Yomira Rodríguez Ortega, la cual se encuentra desarrollando el trabajo de titulación denominado: **“Distribución Vertical del Ozono Estratosférico, Troposférico y su relación con la Absorción Ultravioleta”** en la suscrita Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

Adicionalmente, y conociendo de su espíritu de contribución a la ciencia, me permito solicitar de la manera más respetuosa lo siguiente:

El envío de las mediciones diarias de UV correspondientes al periodo 2017-2021, de las estaciones: Centro (EL CENTRO-REMMAQ_SA), Guamaní (GUAMANI-REMMAQ_SA) y Cotacollao (COTOCOLLAO-REMMAQ_SA), puesto que son estas estaciones con las que nuestra estudiante se encuentra desarrollando su proyecto de titulación.

Esperando se disponga de la información antes mencionada, anticipo mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,

YADIRA FERNANDA
ORDONEZ VIVANCO

Digitally signed by YADIRA
FERNANDA ORDONEZ VIVANCO
Date: 2022.06.22 18:50:13
-05'00'

Yadira Ordóñez, PhD
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
PUCE IBARRA

C.C.:


Señor Ingeniero
Carlos Agustín Bolaños López
Técnico Ambiental - Servidor Municipal 12
SECRETARÍA DE AMBIENTE - INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y MONITOREO

Señorita Tecnóloga
Catalina de los Angeles Rueda Godoy
Asistente Administrativa - Servidor Municipal 5
SECRETARÍA DE AMBIENTE - DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Señora
Evelyn Carolina Sosa Sanchez
Asistente de la Coordinación de Investigación, Análisis y Monitoreo - Servidor Municipal
2
SECRETARÍA DE AMBIENTE - INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y MONITOREO

Anexo 2. Oficio enviado al Instituto Geográfico Militar

Pontificia Universidad
Católica del Ecuador
SEDE IBARRA



Ibarra, 31 de mayo de 2022
Oficio No. 194 – () DIR - ECAA

Coronel
Pablo Aníbal Acosta Álvarez
DIRECTOR INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
Presente. –

De mi consideración:

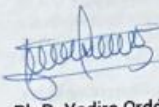

Mediante el presente le expresamos un atento y cordial saludo desde la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra y nuestro anhelo de éxitos en las funciones que usted desempeña.

El motivo de la presente es poner en su conocimiento que la Srta. Ivis Yomira Rodríguez Ortega, estudiante de la carrera de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo se encuentra realizando su trabajo de titulación: **"Distribución Vertical del Ozono Estratosférico, Troposférico y su Relación con la Absorción Ultravioleta Sobre el Ecuador"**, quien trabajará bajo la tutela y acompañamiento de la Mgs. Ibeth Chiluiza en calidad de directora.

En relación a esto, quisiéramos por favor, nos confirme si el Instituto dispone de mapas de cobertura a nivel de tropósfera y estratósfera, que puedan ser usados para graficar datos de UV y Ozono, así como establecer relaciones entre éstos, sobre la ciudad de Quito.

Segura de contar con su pronta, gentil y favorable respuesta en beneficio de la formación académica y profesional de nuestros estudiantes, le reitero mi agradecimiento

Atentamente,

Ph.D. Yadira Ordóñez
DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
/c

Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio
Espinosa Pólit, Cdla "La Victoria"

