



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS
EMISIONES DE COVS NO METANOGÉNICOS DE ORIGEN
BIOGÉNICO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MARÍA ALEJANDRA PÉREZ VALLEJO

DIRECTORA: ING. RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba-Ecuador
2019

© 2019, María Alejandra Pérez Vallejo

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

Yo, María Alejandra Pérez Vallejo declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

.

Riobamba, 31 de Julio del 2019

María Alejandra Pérez Vallejo

160071493-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: “ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS EMISIONES DE COVS NO METANOGÉNICOS DE ORIGEN BIOGÉNICO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, es de responsabilidad de la señorita egresada María Alejandra Pérez Vallejo, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Rafaela Viteri Uzcátegui MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. María Soledad Núñez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos Gonzales

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A Dios y mi Virgen del Rosario de Agua Santa

A mis padres Miguel Pérez y Gladys Vallejo, que con su esfuerzo y paciencia fueron el apoyo incondicional que me han impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida personal y académica, para lograr culminar mi vida estudiantil.

A mis hermanos, Elvis Pérez y Christian Vallejo quienes siempre estuvieron a mi lado siendo mi apoyo incondicional.

A mis amigos y familiares.

Alejandra Pérez Vallejo

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen del Rosario de Agua Santa, que me dieron la sabiduría y fortaleza necesaria para no desmayar en los momentos difíciles.

A mi Papi que gracias a su esfuerzo, sacrificio y consejos he podido salir adelante, a mi mami por escucharme, ser mi mejor amiga, cómplice y concejera durante toda mi vida; les agradezco infinitamente por el amor y comprensión que me brindan, especialmente por nunca dejar de creer en mí.

A mi hermano, quien siempre será lo más importante en mi vida y por quien luchare siempre.

Al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y A la Dirección Provincial del Ministerio de Agricultura, Ganadería (MAG); por haberme facilitado los datos necesarios para el desarrollo de mi trabajo de Titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo quien me permitió formarme como una profesional, a los docentes de la Facultad de Ciencias, quienes con su guía nos inculcaron nuevos conocimientos para el desarrollo profesional, especialmente a la Ing. Rafaela Viteri U. quien con su paciencia y consejo supo llevar de la mejor manera la tutoría del Trabajo de Titulación.

A todos mis amigos, hermanos de vida quienes a lo largo de la carrera fueron la familia que uno elige con el corazón y con quienes compartimos los momentos difíciles y alegres de la carrera.

Ale.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	5
1.2.	Contaminación del aire.....	6
1.2.1.	Emisiones.....	7
1.2.1.1.	Fuentes de emisión.....	7
1.3.	Calidad del aire.....	8
1.4.	Contaminantes atmosféricos.....	8
1.5.	Clasificaciones contaminantes atmosféricos.....	8
1.5.1.	Contaminantes atmosféricos según su naturaleza físico-química.....	9
1.5.2.	Contaminantes atmosféricos según su origen.....	9
1.5.2.1.	Contaminantes primarios:	9
1.5.2.2.	Contaminantes secundarios.....	9
1.6.	Compuestos orgánicos volátiles.....	9
1.6.1.	Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico.....	10
1.6.2.	Fuentes de emisión	12
1.6.3.	Efectos de la emisión COV'S.....	13
1.6.4.	Clasificación de los COV'S.....	13
1.6.4.1.	Isopreno.....	14
1.6.4.2.	Monoterpenos.....	15
1.6.5.	Otros compuestos orgánicos volátiles.....	16
1.6.6.	Ozono troposférico.....	16
1.6.7.	Efectos de los COV's sobre la salud.....	17
1.7.	Modelos de interpolación.....	18
1.7.1.	Inverso de la distancia IDW.....	18
1.7.2.	Thin plate smoothing spline (TPSS).....	19

1.7.3.	Método de Kriiging.....	20
1.8.	Análisis estadístico.....	21
1.8.1.	Análisis de varianza ANOVA.....	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	23
2.1.	Zona de estudio.....	23
2.2.	Ubicación geográfica.....	23
2.3.	Materiales.....	24
2.4.	Tipo de investigación.....	24
2.5.	Obtención de datos.....	24
2.5.1.	Generación de la malla.....	24
2.5.2.	Interpolación de datos.....	24
2.5.3.	Especies vegetales por uso de suelos.....	25
2.5.4.	Cambios temporales de la cobertura natural.....	26
2.5.5.	Determinación de los factores de emisión.....	27
2.5.6.	Creación de mapas de temperatura y radiación.....	29
2.5.7.	Determinación de emisiones de COVB's.....	32
2.5.8.	Análisis estadístico.....	35

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	36
3.1.	Tipo de vegetación de la provincia de chimborazo.....	36
3.1.1.	Tipo De vegetación para la provincia de Chimborazo en el año 1985.....	36
3.1.2.	Tipo De vegetación para la provincia de Chimborazo en el año 2016.....	40
3.1.3.	Tipo de suelo para la provincia de Chimborazo en el año 1985.....	43
3.2.	Variación de temperatura y radiación.....	46
3.2.1.	Variación de temperatura 1985.....	46
3.2.2.	Variación de temperatura 2016.....	47
3.3.	Variación de la temperatura 1985-2016.....	48
3.3.1.	Variabilidad de radiación 1985-2016.....	49
3.4.	Emisiones de covs de la vegetación.....	51

3.4.1.	Emisiones de COV's de la vegetación 1985.....	52
3.4.2.	Emisiones de COV's de la vegetación 2016.....	53
3.5.	Análisis estadístico.....	76
3.5.1.	Análisis estadístico temperaturas.....	76
3.5.2.	Análisis estadístico radiación.....	78
3.5.3.	Análisis estadístico para compuestos orgánicos volátiles biogénicos.....	80
3.6.	Discusión de resultados.....	83
	CONCLUSIONES.....	87
	RECOMENDACIONES.....	89
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Tipos de COVB's.....	11
Tabla 2-1: Compuestos orgánicos volátiles biogénicos no metánicos.....	13
Tabla 3-1: Propiedades químicas del isopreno.....	14
Tabla 1-2: Tipo de vegetación en cada estrato de la sierra centro de Ecuador.....	25
Tabla 2-2: Emisión de Isopreno, Monoterpenos, OCOV en cada especie vegetal de la sierra de Ecuador.....	27
Tabla 3-2: Variación de la temperatura de las estaciones de la prov.de Chimborazo 2016.....	31
Tabla 4-2: Variación de la radiación de las estaciones de la provincia de Chimborazo 2016.....	29
Tabla 5-2: Densidad foliar de las especies vegetales en la provincia de Chimborazo.....	30
Tabla 6-2: Densidad foliar de las especies vegetales en la provincia de Chimborazo.....	31
Tabla 1-3: Uso de suelo de la provincia de Chimborazo para el año 1985.....	37
Tabla 2-3: Porcentaje de uso de suelo de la provincia de Chimborazo para el año 1985.....	38
Tabla 3-3: Porcentaje de uso de suelo de la provincia de Chimborazo para el año 2016.....	41
Tabla 4-3: Grupos de vegetación predominante en la provincia de Chimborazo.....	44
Tabla 5-3: Variación de la Temperatura de las estaciones de la provincia de Chimborazo.....	46
Tabla 6-3: Variación de Radiación solar (Wm^{-2}) de las estaciones meteorológicas de 1985.....	50
Tabla 7-3: Emisiones de COVBs (kt/anuales) para el año 1985.....	52
Tabla 8-3: Emisiones de COVBs (kt/anuales) para el año 2016.....	53
Tabla 9-3: Coeficiente de la correlación estaciones meteorológicas temperatura 1985.....	76
Tabla 10-3: Coeficiente de correlación estaciones meteorológicas temperatura 2016.....	77
Tabla 11-3: Coeficiente de la correlación estaciones meteorológicas radiación 1985.....	78
Tabla 12-3: Coeficiente de correlación estaciones meteorológicas radiación 2016.....	79
Tabla 13-3: Correlación de los compuestos volátiles mensuales de los años 1985-2016.....	81

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Cambios temporales de la cobertura natural.....	26
Ecuación 2-2: Emisión de isopreno de cada hora en la celda kth.....	32
Ecuación 3-2: Factor de correlación.....	32
Ecuación 4-2: Factor de correlación de la temperatura.....	33
Ecuación 5-2: Factor de corrección para el PAR.....	33
Ecuación 6-2: Exposición de isopreno/ mensual.....	33
Ecuación 7-2: Exposición de isopreno/ día.....	34
Ecuación 8-2: Exposición de isopreno/anual.....	34
Ecuación 9-2: Exposición de monoterpenos/hora.....	34
Ecuación 10-2: Corrección ambiental de la temperatura.....	34
Ecuación 11-2: Exposición de otros compuestos orgánicos volátiles.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Fuentes de emision.....	7
Figura 2-1: Estructura de los monoterpenos.....	15
Figura 3-1: Esquema formación de ozono troposférico; Reacciones de compuestos orgánicos volátiles (B).....	17
Figura 1-2: Ubicación provincia de Chimborazo.....	23
Figura 1-3: Mapa de usos de suelo según los GEOSISTEMAS 1985.....	36
Figura 2-3: Mapa de usos de suelo 2016.....	40
Figura 3-3: Cambio de categorías de uso de la tierra 1985-2016.....	43
Figura 4-3: Emisión de COVBs para los años 1985-2016.....	55
Figura 5-3: Emisión mensuales de COVBs para los años 1985-2016.....	56
Figura 6-3: Emisiones mensuales de Isoprenos (kt/mensuales) para los años 1985-2016.....	58
Figura 7-3: Emisión anuales de monoterpenos (kt/mensuales) para los años 1985-2016.....	64
Figura 8-3: Emisión mensuales de monoterpenos (kt/mensuales) para los años 1985-2016.....	70

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Cambio anual bruto entre tres categorías	42
Gráfico 2-3: Variación de la variable temperatura (°C)1985.....	47
Gráfico 3-3: Variación de la variable temperatura (°C) 2016.....	48
Gráfico 4-3: Variación de la variable temperatura 1985-2016.	49
Gráfico 5-3: Radiación mensual 1985.	50
Gráfico 6-3: Radiación mensual 2016.	51
Gráfico 7-3: Variación de los niveles de COVBs mensuales para el año 1985.	53
Gráfico 8-3: Variación de los niveles de COVBs mensual para el año 2016.	54
Gráfico 9-3: Variabilidad de compuestos orgánicos 1985-2016.....	82

ANEXOS

- ANEXO A** Mapas de temperatura para el año 1985
- ANEXO B** Mapas de temperatura para el año 2016
- ANEXO C** Mapas de radiación solar para el año 1985
- ANEXO D** Mapas de radiación solar para el año 2016

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es estimar el efecto del cambio climático en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs); a partir de la elaboración de mapas de uso de suelos de los años 1985 y 2016 en las cuales se identificaron las especies vegetales dominantes; estas sirven para cuantificar las emisiones de isopreno, monoterpeno y otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV) mensuales y anual. Mediante ArcGis 10.2 se realizó una base de mapas temáticos de los compuestos antes mencionados y se interpolaron los mapas de temperatura y radiación con el mapa de uso de suelos, para de esta manera obtener una sola tabla con datos de temperatura, radiación y tipo de vegetación predominante. En cuanto a los resultados observamos que en el año de 1985 se estimaron un total de 3611.81 kt/anales de COVs; distribuidos de la siguiente manera emisiones de isopreno 100.62 kt/anales, monoterpenos 3199.92 kt/mes y OCOV's de 311.27 kt/anales, obteniendo una correlación media entre los isoprenos/monoterpenos. Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 205.94 kt/anales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos y estos corresponden al final de las temporadas lluviosas. Para el año 2016 se encuentra un estimando total de 2736.13 kt/anales, distribuidos para las emisiones de isopreno en 192.19 kt/anales, monoterpenos con 2312.67 kt/anales y OCOV's en 231.27 kt/anales. Se concluyó que el cambio de cobertura y fragmentación de los bosques son los responsables de la presencia de los COVB's, en conjunto la sinergia de la variación de la temperatura, se estima que los niveles de emisión de los OCOV's al incrementarse la temperatura serán de niveles mucho mayores, ya que la influencia de la temperatura va relacionada con el potencial de emisión.

PALABRAS CLAVE: <BIOTECNOLOGÍA>, <CONTAMINACIÓN DEL AIRE>, <ATMÓSFERA>; <COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)>; <EMISIONES GASEOSAS>

ABSTRACT

The objective of this research is to estimate the effect of climate change on the emissions of volatile organic compounds (VOCs); from the elaboration of land use maps in 1985 and 2016 in which the dominant plant species were identified; these serve to quantify monthly and annual isoprene, monoterpene and other volatile organic compounds (OCOV) emissions. Using ArcGis 10.2, a thematic map base of the aforementioned compounds was made and the temperature and radiation maps were interpolated with the soil use map, in order to obtain a single table with data on temperature, radiation and type of predominant vegetation. Regarding the results, it was observed that in the year 1985 a total of 3611.81 kt / year of VOCs were estimated; distributed in the following way isoprene emissions 100.62 kt / year, monoterpenes 3199.92 kt / month and OCOV's of 311.27 kt / year, obtaining an average correlation between the isoprene / monoterpenes. Isoprene and OCOV emissions, maintain similar values with an average of 205.94 kt / year; while the monoterpenes reach very high levels and these correspond to the end of the rainy seasons. For the year 2016 there is a total estimate of 2736.13 kt / year, distributed for isoprene emissions at 192.19 kt / year, monoterpenes with 2312.67 kt / year and OCOV's at 231.27 kt / year. It was concluded that the change in coverage and fragmentation of forests are responsible for the presence of the VOCs, together the synergy of the variation of the temperature, it is estimated that the emission levels of the OCOV's when the temperature increases: these will be much higher levels, since the influence of temperature is related to the emission potential.

KEY WORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <AIR POLLUTION>, <ATMOSPHERE>, <VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs)>, <GASEOUS EMISSIONS>



INTRODUCCIÓN

Actualmente la influencia que ha ejercido la actividad antropogénica sobre el ambiente es cada vez más alarmante, asociándola directamente como principal responsable del cambio climático; siendo sus efectos sumamente discutidos y analizados debido a los daños ocasionados a la población y ecosistemas a nivel mundial.

Las emisiones de gases de efecto invernadero se intensificaron a partir de la revolución industrial por consecuencia del uso de nuevas tecnologías, la actividad humana y el crecimiento de la población mundial. A estos gases de efecto invernadero, debemos agregar la contribución de otros gases fotoquímicamente importantes como el monóxido de carbono (CO) y muchos Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) distintos del metano; los COVs fueron identificados por primera vez en la década de los 50 en estudios sobre la formación del smog fotoquímico (Torres, 2010).

Por otro lado, los COVs de origen biogénico emitidos por la vegetación se encuentran directamente relacionados con la temperatura atmosférica y la radiación solar, es decir a mayor temperatura mayor emisión (Peñuelas & Llusà, 2003). Dichos elementos juegan un rol trascendental en la composición físico-química de la capa gaseosa, por la elevada reactividad que consiguen cuando interactúan entre sí; un ejemplo de ello corresponde a la formación de ozono troposférico, el cual afecta gravemente los niveles de contaminación fotoquímica en el ambiente y causando alteraciones en la salud humana, ocasionando: irritaciones cutáneas, problemas cardíacos, digestivos y respiratorios, molestias olfativas, acción cancerígena o mutagénica. (Puente, 2006).

Las principales fuentes de COVs están relacionadas directa o indirectamente con el petróleo y sus derivados: vapores de automóviles por combustión incompleta (aromáticos, olefinas y parafinas), industrias de pinturas, tintas, lacas y esmaltes (alcanos y cicloalcanos), vapores de gasolinas emitidos desde los tanques de almacenamiento, disolventes empleados en pinturas y operaciones de desengrasado y limpieza (hexano, ciclohexano y aromáticos derivados del tolueno y xileno), adhesivos (metil-etil cetona, derivados tipo nafta, tricloroetano), aerosoles, industrias de plásticos (compuestos clorados) (Torres, 2010).

Los monoterpenos junto al isopreno son los compuestos orgánicos volátiles biogénicos (COVB) que dominan las emisiones a escala global, y son miembros importantes de la familia de los isoprenoides (o terpenoides) (Bolaño et al. 2015). Los monoterpenos son emitidos por una gran variedad de especies

vegetales como mecanismos de defensa contra insectos, herbívoros, atracción para polinizadores y enemigos naturales de los herbívoros o en los mecanismos de crecimiento de las plantas, existiendo una relación directa entre un determinado monoterpeno y su función específica. La emisión de isopreno, por ejemplo, beneficia a la planta aumentando su tolerancia a la temperatura. Por tratarse de dienos conjugados el isopreno y los monoterpenos son compuestos muy reactivos. Interactúan en la tropósfera durante el día y la noche, formando ozono como producto final, y otras especies orgánicas como productos intermediarios o interviniendo en la formación o crecimiento de aerosoles secundarios (Préndez & Peralta, 2005).

Identificación del Problema

En la historia de la Tierra, han existido variaciones climáticas graduales o abruptas, debido a diversas causas como las relacionadas con la variación en la radiación solar, periodos de vulcanismo intenso, procesos bióticos o impactos de meteoritos. Pero en la actualidad el cambio climático es ocasionado por actividades antrópicas y se relaciona directamente con el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) los cuales bloquea y refleja parte de esta radiación que permanece en la superficie y la atmósfera inferior, lo que desencadena un incremento de la temperatura superficial media que supera la que habría en ausencia de los GEI, estos debido a las emisiones industriales procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Uno de los inconvenientes más notorios es la afectación del cambio climático en las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) de origen biogénico debido a que éstos se encuentran directamente relacionados con la temperatura atmosférica y la radiación solar, es decir a mayor temperatura mayor emisión de COVs por los vegetales. Por otro lado, los COVs de origen biogénico emitidos por los diferentes tipos de vegetación juegan un rol transcendental en la composición fisicoquímica de la capa gaseosa, por la elevada reactividad que consiguen cuando interactúan entre sí. Uno de los efectos más evidentes producidos por los compuestos orgánicos volátiles corresponde a la formación de ozono troposférico, contribuyendo de esta forma a aumentar los niveles de contaminación fotoquímica en el ambiente y causando alteraciones en la salud humana.

Por lo antes mencionado es preciso formularse una pregunta central del problema:

¿Las emisiones de COVs emitidas por la vegetación existente en la provincia de Chimborazo, se ven afectadas directamente por el cambio climático en las últimas décadas?

Justificación

Dentro de la gran variedad en las emisiones de los COVs no metanogénicos de origen biogénico que contribuyen con el cambio climático se analizarán los isoprenos y los monoterpenos ya que varios autores asumen que éstos compuestos pueden generar reacción de oxidación los cuales originan aerosoles orgánicos y contribuyen al aumento del efecto invernadero.

La presente investigación cuenta con el análisis de parámetros necesarios para poder identificar la afectación del ozono troposférico, el cual es un contaminante producido por reacciones fotoquímicas que tienen lugar en la atmosfera, a su vez afecta directamente a la salud humana y a los ecosistemas, pues tiene como precursor a los COVs, los cuales al ser afectados por el cambio climático generan mayor cantidad de contaminantes siendo el más dañino el ozono troposférico.

Una de las mayores ventajas de la presente investigación, es que se contará con datos fiables para posteriores estudios que puedan contribuir directamente al cambio climático, y de esta forma minimizar los cambios bruscos que ha tenido el planeta en los últimos años. Así mismo, podrá ser de gran ayuda para trabajos académicos, y ser utilizados como marco teórico, referencia, discusiones, entre otros.

Por lo tanto, la presente investigación contará con datos fiables para posteriores estudios que puedan contribuir en la dinámica de los COVs con respecto al cambio climático; de esta forma los gobiernos locales y regionales puedan tomar las medidas necesarias para minimizar el impacto de dichos compuestos ante los cambios bruscos que ha tenido el planeta en las últimas décadas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estimar el efecto del cambio climático en las emisiones de COVs no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Generar el inventario de datos de Temperatura y Radiación solar del año 1985 para la provincia de Chimborazo.
- Cuantificar las emisiones de isopreno, monoterpeno y otros compuestos orgánicos volátiles biogénicos, no metanogénicos de Chimborazo del año 1985.
- Determinar la variación de emisiones de COVs mediante el efecto del cambio climático durante los años 1985 y 2016.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Actualmente, el conocimiento sobre la composición de compuestos orgánicos volátiles (COV) en zonas rurales es todavía escaso en comparación con zonas urbanas o industriales. Su determinación en aire ambiente es un tema de actualidad y de importancia en los últimos años debido, principalmente a la participación de estos compuestos en las reacciones químicas atmosféricas (Ramón Valencia, 2013).

El gran número de compuestos orgánicos volátiles (COV) presentes en el aire ambiente y el amplio rango de concentración están presentes, dificultando su correcta identificación y cuantificación. Además, la medida especiada de COV es necesaria; ya que las características de éstos como precursores de ozono troposférico y de partículas finas, su contribución al cambio climático y toxicidad varían para cada COV individual.

Es por dichas observaciones que los efectos que el cambio climático tiene sobre nuestros ecosistemas terrestres se evalúan mediante cinco tipos de actividades que recorren diferentes escalas temporales (Peñuelas, Sabaté, Filella, & Gracia, 2014). Abarcan desde los períodos más remotos a los del futuro más inmediato, pasando por los períodos históricos más recientes:

El estudio paleoecológico de testigos sedimentarios de épocas pretéritas, de hace miles a millones de años

El estudio de material histórico diverso, como por ejemplo especímenes de herbario, piezas de museo, archivos, anillos de los árboles de los últimos siglos.

El estudio de los cambios ecofisiológicos, biogeoquímicos y demográficos de nuestros ecosistemas en respuesta a las cambiantes condiciones climáticas de las últimas décadas y años.

El estudio experimental de nuestros ecosistemas bajo condiciones más o menos controladas simuladoras de los cambios previstos para las próximas décadas por los modelos climáticos.

La modelización de los cambios pasados y futuros, en el espacio y en el tiempo.

1.2. Contaminación del aire

Conjunto de emisiones de sustancias ajenas a la composición natural del ambiente, que puede alcanzar concentraciones que exceden a la capacidad de la atmósfera para asimilarlas y transformarlas, es decir, las concentraciones llegan a producir efectos perjudiciales en la naturaleza. (Suárez,2012)

Según la OMS, la contaminación del aire se refiere a la alteración de composición del mismo por la presencia de sustancias extrañas en cantidades medibles y durante tiempos determinados. (McGraw-Hill, 2012. p:234) , mientras que la Agencia de Protección Ambiental – EPA (EPA, 2017), menciona que una o más sustancias químicas en concentraciones suficientemente elevadas en el aire pueden hacer daño a los seres humanos, otros animales y a la vegetación.

La contaminación atmosférica o contaminación del aire se produce únicamente cuando existe emisiones de sustancias tóxicas o nocivas, mismas que pueden ser originadas en la naturaleza o por el hombre, siendo la última la primera causa de contaminación (Donoso, 2013. p:1)

La contaminación atmosférica es un problema debido a las afectaciones que pueden producir en los seres vivos, tanto a plantas como a animales. La acumulación en altas concentraciones de sustancias tóxicas en la atmósfera afecta directamente a sistema inmune, lo que puede manifestarse como enfermedades en cortos o largos plazos, este tipo de contaminación tiene especial atención debido que las concentraciones de contaminantes pueden afectar la vida útil de los bienes materiales. (Izaba et al. 2014. pp: 239-240)

1.2.1. Emisiones

Es la descarga continua o intermitente de sustancias tóxicas o contaminantes a la atmósfera de manera directa o indirecta sea a través de una fuente móvil o fija y causan un efecto directo sobre la naturaleza. (Fundación para la prevención de riesgos laborales, 2015). El Acuerdo Ministerial No. 071, publicado en el Registro Oficial No. 153 del 22 de agosto del 2003, el Ministerio de Energía y Minas, fijó los límites máximos permisibles de emisión (Ministerio del Ambiente, 2012. p: 373).

1.2.1.1. Fuentes de emisión

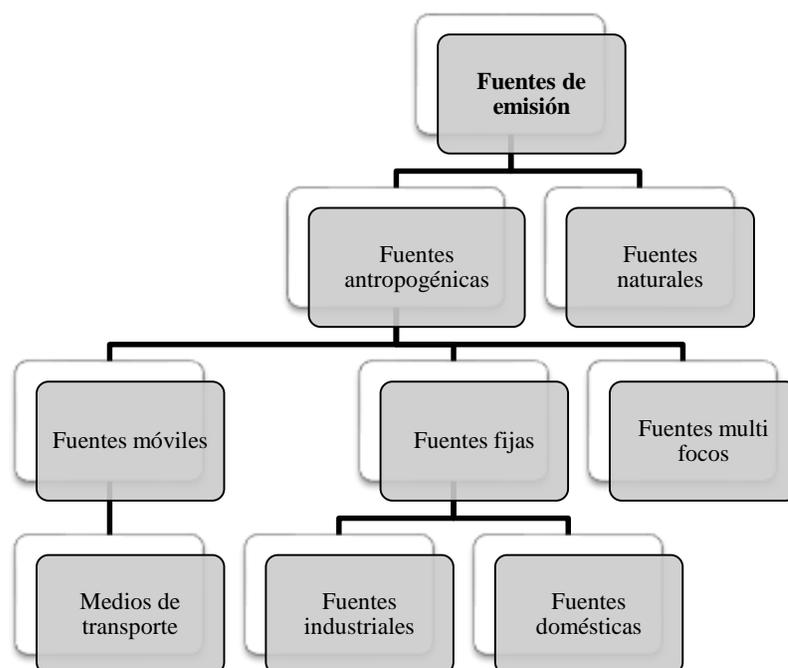


Figura 1-1: Fuentes de emisión

Fuente: Izaba et al. 2014. pp: 26-27 Contaminación atmosférica

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

Fuentes fijas. Se las conoce también como fuentes estacionarias, poseen una chimenea para la descarga de las sustancias a la atmósfera. (Corporación Chilena Mutual, 2012)

Fuentes móviles. Los autos en las últimas décadas se encuentran en grandes cantidades en las ciudades, son generadores de contaminación atmosférica por la descarga de gases que producen, los vehículos generan principalmente óxido de nitrógeno, compuestos de plomo, monóxido de carbono, partículas e hidrocarburos, estas emisiones dependerán de los componentes del que está formado el automóvil, el combustible y la densidad del tráfico. (Carnicer,2008. p. 26)

Fuentes multi-focos. Son fuentes formadas tanto por fuentes fijas y fuentes móviles, se los considera multi focos las zonas industriales y las urbes, dentro del grupo se encuentran también las calefacciones domésticas. (Carnicer,2008. p. 26)

1.3. Calidad del Aire

La calidad del aire se ha caracterizado, por ser la concentración de contaminantes que llegan a un receptor, más o menos lejano de la fuente de emisión, una vez transportado y difundido por la atmósfera, es el efecto de fenómenos complejos derivados de un sinnúmero de causas y efectos, en general, a las actividades diarias de los seres humanos y a la producción y emisión de contaminantes (Cazco, 2012.p.10). La atmósfera posee un gran potencial para diluir las concentraciones de una serie de contaminantes siendo la clave fundamental, conservando así la calidad del aire, y esto va a venir marcado principalmente por las condiciones meteorológicas. (Andrade, 2019.p.2).

1.4. Contaminantes atmosféricos

Son sustancias que se descargan al ambiente por cualquier fuente, sea esta de origen natural o antropogénico y causan repercusiones en los seres vivos y el ambiente. Los contaminantes poseen concentraciones máximas especificadas dependiendo del período y los niveles en que el contaminante se encuentra, es decir, al nivel del suelo o en el aire extra-muro. (Ministerio del Ambiente, 2012. p: 373)

1.5. Clasificaciones contaminantes atmosféricos

Según McGraw (2009) divide a los contaminantes atmosféricos en:

1.5.1. Contaminantes atmosféricos según su naturaleza físico-química:

Es muy complicado una clasificación exacta para este tipo de contaminantes debido a su diversidad, pero entre los contaminantes más importantes se incluyen, sustancias radioactivas, oxidantes, ruido, calor, partículas y aerosoles, otros contaminantes. McGraw (2009)

1.5.2. Contaminantes atmosféricos según su origen:

Su clasificación se basa según el método de aparición en la atmósfera de esta manera tendríamos dos tipos de contaminantes primarios y secundarios.

1.5.2.1. Contaminantes Primarios:

Su composición química es variada, emitidas directamente a la atmósfera dentro de este grupo tenemos principalmente al monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), material particulado (PM), entre otros (McGraw, 2009).

1.5.2.2. Contaminantes Secundarios:

Estos contaminantes son originarios de los contaminantes primarios por acción de reacciones químicas que se dan en la atmósfera entre los cuales tenemos ozono troposférico (O₃), nitratos de peroxiacetilo (PAN), sulfatos (SO₄), nitratos (NO₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄), entre otros. (McGraw, 2009).

1.6. Compuestos orgánicos volátiles

Conocidos también como hidrocarburos reactivos, son parte de los procesos químicos que ocurren en las capas de la atmósfera en conjunto con los óxidos de nitrógeno son los responsables de la producción de ozono y de procesos destructivos que afectan a las regiones por la contaminación con ozono. (Rinne et al., 2007. pp: 3361-3362)

Son compuestos que se encuentran formados por carbono, mismo que puede desintegrarse fácilmente en gas y a una temperatura de 20°C alcanzan una presión de 0.01kPa, sus puntos de ebullición fluctúan entre los 50 y 260°C. Dentro de su estructura se pueden encontrar diversos átomos de halógenos y anfígenos. (Sánchez Montero y Alcántara León, 2007. p: 1)

Los compuestos orgánicos volátiles son contaminantes primarios pues, en su degradación son capaces de producir contaminantes secundarios, mismo que pueden causar daños más graves que los primarios, entre los principales se encuentran los PANs y los derivados del benceno. (Moreno Sanroma, 2016. pp: 9-12)

Estos compuestos se forman de manera natural o por acción antropogénica además participan en las reacciones químicas que se generan en la atmósfera dando como resultado la formación de smog fotoquímico y ozono troposférico. (Red Ambiental Asturias, 2006)

Los COV's son descargados a la atmósfera por la quema y uso de combustibles fósiles, además del empleo de pinturas, lacas, aerosoles, es decir, productos que son utilizados con frecuencia en el sector automovilístico, industrial y en los hogares, estos compuestos forman parte de repelentes, conservantes y disolventes de grasas. (U.S. Environmental Protection Agency, 1994. pp: 8-31)

El benceno y el 1,3-butadieno son los compuestos orgánicos volátiles que destacan del grupo, puesto que son compuestos altamente cancerígenos y que son descargados por la combustión de los hidrocarburos fósiles y sus derivados. (Sánchez Montero y Alcántara León 2007. p: 2)

El estudio de los COV's toma importancia debido a las reacciones que estos producen cuando se mezclan con los óxidos de nitrógeno y se exponen a la luz solar y temperatura, pues, como resultado de esta reacción se forma el smog y el ozono, dos compuestos perjudiciales para la salud humana. (U.S. Environmental Protection Agency, 1994. pp: 8-31)

1.6.1. Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico

Conocidos también como COVB's, intervienen e interactúan con las emisiones procedentes de las actividades antropogénicas produciendo efectos nocivos a la atmósfera, como resultado de su alta

reactividad al ser emitidos reaccionan con la luz solar formando oxidantes fotoquímicos. (Ramón et al. 2014. pp:105-107) (principalmente ozono troposférico), participan en el balance de ciclo global del carbono y en la producción de ácidos orgánicos que contribuyen a la deposición ácida en zonas rurales, actualmente son de gran importancia debido al tiempo de vida que oscila de 30 minutos a 3 horas (Caicedo et al. 2010).

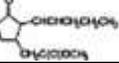
Los ecosistemas forestales en su mayoría contienen una gran cantidad de COVB's los cuales comprenden alrededor del 90%, 1150×10^{12} g C/año de las emisiones globales de COV's (Pérez, 2012.p.22), alcanzando un 60% en las zonas urbanas debido a la gran cantidad de vegetación que puede existir, las plantas producen especialmente isopreno y monoterpenos, estos compuestos son más susceptibles que cualquier otro tipo de COV's para producir ozono troposférico, pues para producir este tipo de contaminante se necesitan mayores concentraciones de COV's que de COVB's. (Ramón et al. 2014. p:107)

Los parámetros que influyen en la producción de compuestos orgánicos volátiles biogénicos son:

- Luz
- Temperatura
- Temporada del año

Según estudios, en Norte América al este, las emisiones de COVB's son superiores a las emisiones generadas por la acción del hombre, se estima que la vegetación emite alrededor de 1.2×10^{15} gC/año, lo que equivale a las emisiones anuales de metano que se generan en el mundo. (FAO, 2015)

Tabla 1-1: Tipos de COVB's.

Nombre del Compuesto	Fórmula Química	Estructura Química	Nombre del Compuesto	Fórmula Química	Estructura Química
Isopreno	C ₅ H ₈		Linalool	C ₁₀ H ₁₅ O	
Canfeno	C ₁₀ H ₁₆		Metil jasmonate		
3-Careno	C ₁₀ H ₁₆		Terpinoleno	C ₁₀ H ₁₆	
α-Pineno	C ₁₀ H ₁₆		γ-Terpineno	C ₁₀ H ₁₆	
β-Pineno	C ₁₀ H ₁₆		α-Terpineno	C ₁₀ H ₁₆	

Limoneno	C ₁₀ H ₁₆		β-Phellandreno	C ₁₀ H ₁₆	
Mirceno	C ₁₀ H ₁₆		α-Phellandreno	C ₁₀ H ₁₆	
Terpinoleno	C ₁₀ H ₁₆		p-Cymeno		
Sabineno	C ₁₀ H ₁₆		c-β-Ocimeno		
Cariofileno	C ₁₅ H ₂₄		t-β-Ocimeno		
Humuleno	C ₁₅ H ₂₄		α-Copaeno		
Metil chavicol			α-Cedreno		

Fuente: Fuentes et al., 2000. Biogenic Hydrocarbons in the Atmospheric Boundary Layer.
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

Dependiendo de la vegetación los COVB's pueden almacenarse, sin embargo, en algunas plantas éstos son descargados después de haber sido producidos, la principal función que cumplen estos contaminantes es atraer a los polinizadores y permitir la comunicación entre plantas y organismos. Sin embargo, el interés que despierta estos compuestos es debido a la capacidad que éstos tienen para proteger contra las temperaturas altas, lo que tiene gran repercusión con el calentamiento global. (Peñuelas y Llusà 2003, p: 105).

1.6.2. Fuentes de emisión

Tanto los ecosistemas terrestres como acuáticos descargan COVB's, desde el fitoplancton hasta la respiración de los seres vivos, las actividades metabólicas de los microorganismos en las cuales se desprenden gases son también contribuyentes en la producción de COVB's, esto en cuanto a emisiones biogénicas, mientras que las emisiones abióticas están representadas por la incineración y quema de residuos (Camargo Caicedo, Bolaño Ortiz y Álvarez Mancilla, 2010. pp:77-80).

Los COV son emitidos a la atmósfera por un gran número de fuentes, tanto antropogénicas como naturales (Bolaño et al., 2014), las principales fuentes naturales son la degradación bacteriana de la materia orgánica, los océanos y la vegetación son las más importantes en cantidad. (Puente & Ramaroson, 2006). El isopreno, representa casi la mitad de las emisiones biogénicas a escala global y es emitido fundamentalmente por árboles de hoja caduca mientras que los monoterpenos, principalmente emitidos por las coníferas, de las que la mitad se deben la emisión de sesquiterpenos y diterpenos, es

muy pequeña, pero para estimar las emisiones biogénicas es muy importante estudiar su emisión puesto que se les relaciona con otros compuestos de origen antropogénico (De Blas Martín, 2010).

1.6.3. *Efectos de la emisión de COVB's*

El estudio de los compuestos orgánicos volátiles tiene gran importancia ambiental, debido a que en la actualidad causan efectos que repercuten con el desenvolvimiento normal de la naturaleza entre los efectos principales están:

- Formación de ozono troposférico
- Formación de nitratos que pueden encapsular NO_x y ser transportados largas distancias.
- Formación de aerosoles por la oxidación de COVB's, especialmente formación de niebla.
- Los COVB's y el agua pueden reaccionar dando como resultados ácidos débiles que pueden afectar la química del suelo, debido a la alteración de la acidez (Fehsenfeld, Calvert y Fall, 1992. pp:379).

1.6.4. *Clasificación de los COVB's*

El estudio para la identificación y caracterización de los compuestos orgánicos volátiles biogénicos es complejo debido a la gran variedad de plantas que existen en el planeta, pues, dentro de cada célula, tejido vegetal, existen más de 40000 compuestos orgánicos volátiles que varían en cada especie encontrada, entre los COVB's más importantes se encuentran el isopreno, hemiterpeno y monoterpenos, debido a su alta reactividad fotoquímica (Toro G., Cremades O. y Ramirez B., 2001. pp: 2-4).

Tabla 2-1. Compuestos orgánicos volátiles biogénicos.

Nombre	Tiempo de vida	Fórmula
Isopreno	1-2h	C_5H_8
Monoterpeno	0.5-3h	C_xH_x
COV reactivos	< 1 día	$C_xH_xO_x$

Fuente: Guether et al, 1995. Citado por Toro G., Cremades O. y Ramirez B., 2001. pp: 3.
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

1.6.4.1. Isopreno

Es un compuesto volátil altamente reactivo producido por las células en cantidades considerables, puede ser producido por el hombre en la industria del aceite y en la fabricación de caucho sintético. A condiciones normales es un líquido inflamable de fácil evaporación y puede reaccionar de manera inmediata con el aire, no es soluble en agua, pero es soluble en compuestos orgánicos. (Tiiva, 2008. p: 16)

Tabla 3-1. Propiedades químicas del isopreno.

Nombre IUPAC	2-Metil-buta-1,3-dieno
Número CAS	78-79-5
Estructura	$C=C(C)C=C$
Fórmula Molecular	C_5H_8
Masa Molar	68.11gmol^{-1}
Densidad	0.681gcm^{-3}
Punto de ebullición	34.067°C

Fuente: Tiiva, 2008. p: 16

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

El isopreno es un compuesto orgánico volátil biogénico importante y que despierta el interés para estudio pues sus emisiones cuantitativamente representan el 40% del total de emisiones atmosféricas que se encuentra representado por el isopreno (Toro G., Cremades O. y Ramirez B., 2001. pp: 9-10).

Forma parte de un grupo numeroso y de gran importancia que forman parte del metabolismo de las plantas, algunos animales y bacterias, es un producto volátil que es descargado por las plantas que realizan la fotosíntesis. La luz solar y la temperatura ayudan en la producción de isopreno, sin embargo, las altas concentraciones de isopreno en el ambiente producen efecto invernadero (Alves y Soares de Souza, 2014. pp: 1-4).

El isopreno al ser descargado a la atmósfera reacciona con el oxígeno presente, dando como resultado reacciones de oxidación cuyo producto es el ácido etanoico siempre que la reacción sea iniciada por radicales hidroxilo u ozono, mientras que cuando la reacción es iniciada solo con radicales OH no se produce ácido acético (Sanhueza, Alfonso y Santana, 2003. pp: 30-31).

Algunos microorganismos del suelo pueden degradar y producir isopreno, algunos estudios realizados en los bosques tropicales y en los suelos mediterráneos han mostrado que el isopreno puede ser

descargado en cantidades significativas por el suelo. El isopreno producido por suelos suele ser emitido durante procesos anaeróbicos producidos y controlados con cantidades de agua, además las emisiones dependerán de las condiciones generales del lugar (Tiiva, 2008, pp: 2-3).

1.6.4.2. *Monoterpenos*

Son compuestos orgánicos volátiles, forman parte de la familia de los isoprenoides, son de interés debido a que se almacenan en tallos y hojas, lo que permite que los compuestos orgánicos originados sean devueltos a la atmósfera mediante los procesos fisiológicos. Se caracterizan especialmente debido a la capacidad de reaccionar con el vapor de agua y formar ácidos débiles que interactúan con las capas superficiales del suelo. (Bolaño, Camargo y Vélez, 2015. pp:112-116)

Debido a las propiedades químicas, los monoterpenos son considerados como alquenos ya que en su estructura poseen dobles enlaces, la presencia de éstos los vuelve inestables provocando reacciones inmediatas que dan como resultado la formación de ozono troposférico en la mayoría de los casos. (Tesis doctorales en red, 1995. pp:2-4)

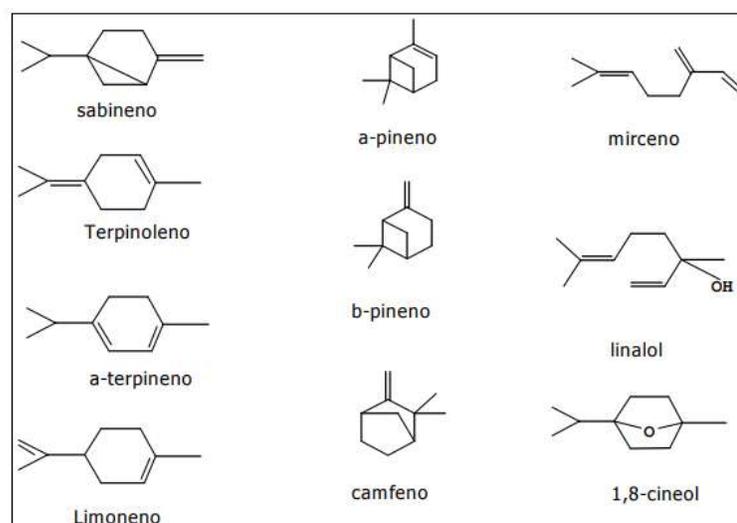


Figura 2-1. Estructuras de los monoterpenos

Fuente: Tesis doctorales en red, 1995. pp: 2-4.

1.6.5. Otros compuestos orgánicos volátiles

Dentro de este campo existen otros compuestos orgánicos volátiles que son considerados importantes para este estudio, los mismos que se originan de la emisión entre los cuales tenemos, el acetaldehído, ácidos orgánicos, metilbutenol, metanol, acetona, entre otros. (Mendoza *et al.*, 2008).

Según Sanhueza, (2001), se ha realizado estudios del acetaldehído en árboles sometidos a anoxia en raíces, hojas o tallos, los cuales bajo condiciones normales se registró altas emisiones en la transición de luz a oscuridad, y posee una vida media de un día después de ser oxidado por el radical OH.

1.6.6. Ozono troposférico

El ozono troposférico natural procede tanto del transporte desde la estratosfera, como de la propia formación fotoquímica que ocurre en la troposfera, se produce mediante reacciones químicas entre compuestos orgánicos volátiles (COV's), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x) en presencia de la radiación solar, temperatura y humedad. (Bermejo, et al; 2010.p. 8)

El aumento en las cantidades de ozono troposférico y las emisiones de NO_x aparecieron durante la revolución industrial, sin embargo, las concentraciones de las emisiones han ido aumentando progresivamente en las últimas décadas. (Tiiva, 2008. pp: 16-19)

Sanhuenza (citado por Paredes, 2017) creía que al ozono troposférico lo controlaba el intercambio entre troposfera-estratosfera, determinado actualmente que el tamaño de la capa troposférica trata de alcanzar la superficie, es decir que el ozono troposférico no ejerce la función protectora que cumple en la estratosfera sino que por el contrario, dada su alta reactividad y su fuerte capacidad oxidante, cuando sus niveles incrementan del fondo natural, se provoca efectos adversos en los materiales, en la salud humana especialmente afectando las vías respiratorias, en la vegetación y los ecosistemas. (Bermejo, 2010.p.10-11)

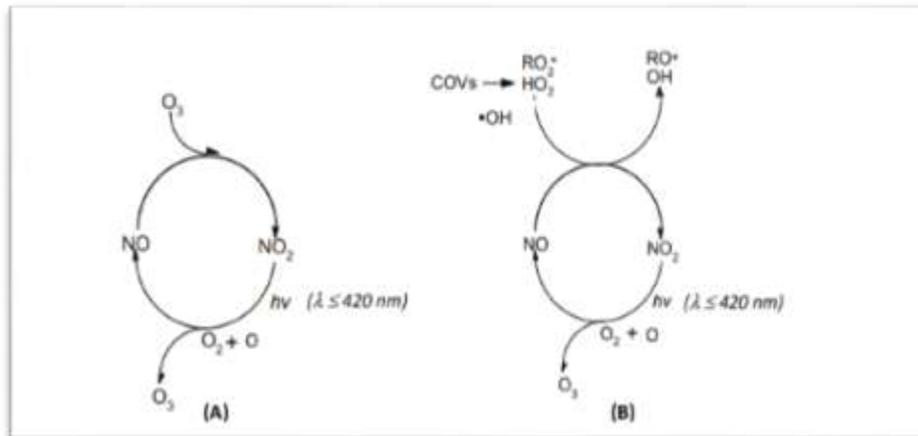


Figura 3-1: Esquema formación de ozono troposférico(A), Reacciones de compuestos orgánicos volátiles y producción de ozono troposférico (B).

Fuente: Peralta, A (2009).

1.6.7. Efectos de los COVs sobre la salud.

Entre los principales efectos dañinos directos a la salud humana y los ecosistemas naturales por su toxicidad, por ser carcinógenos entre otros efectos adversos. Algunos de estos se originan fundamentalmente por procesos de inhalación: jaquecas, problemas de respiración, náuseas, cansancio etc. (Juntadeandalucia, 2017.p.1).

Los riesgos para la salud asociados a la emisión de COVs se da a causa del prolongado uso de disolventes, que por poseer propiedades volátiles, liposolubles, tóxicas y extremadamente inflamables.

- **Toxicidad:** relacionado principalmente con lesiones neurológicas y la exposición crónica a los disolventes, entre otros efectos secundarios están los psiquiátricos directamente relacionados con la irritabilidad y problemas de concentración, de visión, verbal o motora, y déficit de memorización, etc. (Juntadeandalucia, 2017.p.1)

- *Volatilidad:* la absorción por la piel y por inhalación es uno de los principales riesgos para el ser humano, El contacto continuo a través de la piel da paso del disolvente a la sangre causando efectos a corto y largo plazo. Siendo la inhalación la vía de exposición más peligrosa ya que con ayuda de los pulmones la repartición por el organismo es muy eficaz, provocando que en el organismo circulen altas concentraciones en tiempo muy reducido. Esta vía es considerada de difícil control, puesto que no se sabe con exactitud el punto de inicio del contacto (Juntadeandalucia, 2017.p.1).
- *Propiedades liposolubles:* los disolventes orgánicos son considerados liposolubles, es decir se introducen dentro de un organismo y llegan a presentar afinidad por los tejidos grasos, no suelen disolverse en agua, Tras el proceso de inhalación, que realizan los seres vivos, el contaminante pasa a la sangre, y luego a los distintos órganos, donde comúnmente se acumulan. Provocando con el paso del tiempo, altas concentraciones que representan serios riesgos para la salud integral de las personas, en especial afectando al feto de mujeres en estado de gestación. (Juntadeandalucia, 2017.p.1)

1.7. Modelos de interpolación

1.7.1. Inverso de la distancia (IDW).

Por sus siglas en inglés es considerado el método más simple de interpolación; refiere a que asigna el peso más grande al punto más cercano y este peso disminuye a medida que aumenta la distancia dependiendo del coeficiente potencia β (López, 1995). El peso de un punto utilizando este método se expresa como:

$$w_i = \frac{N \left(\frac{1}{d_{e.i}} \right)^\beta}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{d_{e.i}} \right)^\beta}$$

(Ec.1-1)

Donde:

N = número total de estaciones

dei = distancia entre el sitio a estimar e y la estación i

β = coeficiente de potencia.

1.7.2. *Thin plate smoothing spline (TPSS).*

Es más para modelamiento climático mediante el cálculo de estimaciones; considera la dependencia espacial de la topografía proporcionando la estimación directa del error de interpolación y el diagnóstico eficaz de errores de los datos (Hutchinson y Gessler, 1994). El modelo estadístico para este método considerando dos variables de posición independiente (latitud y longitud) y dependencia lineal de elevación es como se expresa a continuación en la ecuación siguiente:

$$q_i = f(x_i, y_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j \psi_{ij} + \varepsilon_i$$

(Ec.2-1)

Donde:

$f(x_i, y_i)$ = función de ajuste desconocida

β_j = conjunto de parámetros desconocidos

x_i, y_i, ψ_j = variables independientes

ε_i = error aleatorio independiente con media cero y varianza σ^2

d_i = pesos desconocidos.

La función de ajuste f y los parámetros β ; son estimados minimizando:

$$\sum_{i=1}^n \left[\left(q_i - f(x_i, y_i) - \sum_{j=1}^p \beta_j \psi_{ij} \right) / d_i \right]^2 + \lambda J_m(f)$$

(Ec. 3-1)

Donde:

$J_m(f)$ = medida de ajuste de f definido en términos de derivadas de f de orden m

λ = número positivo llamado parámetro de ajuste.

1.7.3. Método kriging.

Se basa en una función continua que explica el comportamiento de una variable en las distintas direcciones de un espacio geográfico y permite asociar la variabilidad de la estimación con base a la distancia que existe entre un par de puntos mediante el uso de un semivariograma o variograma el cual permite percibir el nivel de similitud que existe entre éstos a medida que se encuentran más alejados (Gallardo, 2006). El cálculo de la varianza entre pares de puntos separados por intervalos de distancia se conoce como semivarianza (γ), el cual se representa con:

$$\lambda(h) = 1/2 N(h) \sum [Z_{(x)} - Z_{(x+h)}]^2$$

(Ec.4-1)

Donde:

$\gamma(h)$ y $N(h)$ = semivarianza para todas las muestras localizadas en el espacio y el número total de pares de muestras separado por el intervalo de distancia, respectivamente, ambos se encuentran separados por una distancia h .

$Z(x)$ = valor de la muestra en una localización x

$Z(x+h)$ = valor de la muestra a la distancia h desde x .

A continuación se enlistan los tipos de Kriging existentes:

- **Kriging simple** utiliza una transformación de puntuación normal transformando sus datos en una distribución normal estándar; encontrando otros tipos de modelos más complejos como:
- **Universal Kriging** combina el análisis de la superficie de la tendencia (deriva) con el kriging ordinario, teniendo en cuenta las tendencias.
- **Indicator Kriging** lleva a cabo kriging ordinario con datos binarios (0 y 1) tales como celdas urbanas y no urbanas.
- **Probability Kriging** utiliza datos binarios (similares al indicator kriging) y estima puntos desconocidos para una serie de cortes. (Gallardo, 2006).

1.8. Análisis Estadístico

La estadística descriptiva es el conjunto de datos obtenidos por un “n” número de valores descriptivos, como pueden ser: el promedio, mediana, media, varianza, desviación típica, etc. Entre estas estas destacan las medidas descriptivas pueden ayudar a brindar las principales propiedades de los datos observados, así como las características clave de los fenómenos bajo investigación.

1.8.1. Análisis de varianza ANOVA.

El análisis de la varianza cuyas siglas significan (Analysis Of Variance), en la terminología inglesa es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas (Piana, 2019).

1.8.2. Análisis del coeficiente de variación.

En el análisis estadístico, el coeficiente de correlación de Pearson se define como una medida lineal entre dos variables aleatorias numéricas “cuantitativas”. La diferencia de los análisis de covarianza; la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

Podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas y continuas (Ochoa Martínez, 2019).

En el cual el valor del índice de correlación varía en el intervalo $[-1,1]$, indicando el signo el sentido de la relación:

Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.

Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.

Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.

Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.

Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante. (Ochoa Martínez, 2019).

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Zona de Estudio

Se encuentra ubicado en la provincia de Chimborazo, tiene una extensión aproximada de 6160 km², y limita: al Norte con la Provincia de Tungurahua, al sur con Cañar, al este con Morona-Santiago y al oeste con Bolívar, ocupando en su totalidad las hoyas de Riobamba, Alausí y parte del Chimbo. (GADPCH, 2017)

2.2. Ubicación geográfica

Ubicada en la región Sierra centro del país entre las coordenadas 78° 34' 18" a 70° 06' de longitud occidental y de 1° 58' 34" de altitud del sur. (GADPCH, 2017).

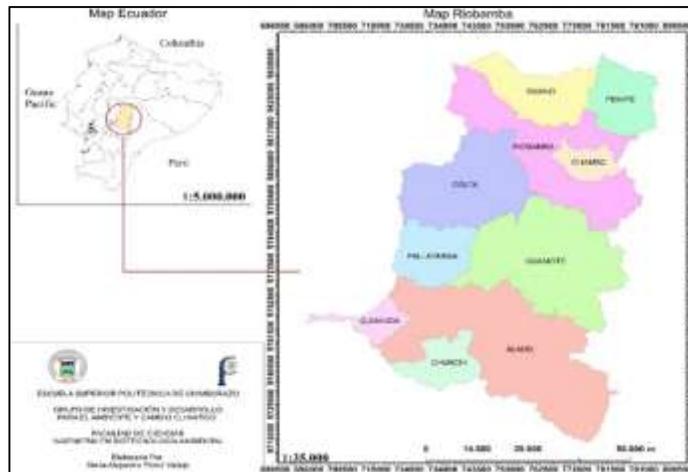


Figura 1-2. Ubicación provincia de Chimborazo.
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

2.3. Materiales

Para la investigación se requiere el Software ArcGis 10.2, datos de temperatura y radiación solar los cuales se solicitarán al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Centro de Energías Alternativas y Ambiente; Mapa de uso de suelos para el año 1985 y 2016 del MAG, base de datos de factores de emisión de la Universidad de Lancaster, Densidad foliar de la vegetación de uso de suelo para la provincia (Carrera, L & Cruz, M 2019; Lancaster 2002; Paredes, A. 2017; Flores & Flores, 2007).

2.4. Tipo de investigación

No experimental, en la cual se recolectarán los datos que tienen influencia en la emisión de COVBs, específicamente temperatura y radiación solar en la provincia de Chimborazo de los años 1985 y 2016, para implementar las ecuaciones establecidas y representarlas en mapas temáticos.

Dentro de esta investigación se realizará una grilla sobre el mapa de la provincia de Chimborazo donde se trabajarán con 6807 cuadrantes de 1 km² los cuales se encuentran representados en la figura 3-1., éstos fueron considerados como la población de estudio para el presente trabajo. Dentro del mismo se estableció 10 y 180 tipos de suelo para el año 1985 y 2016 respectivamente.

2.5. Obtención de datos

2.5.1. *Generación de malla*

Se generará una malla de muestreo dentro del área de estudio utilizando ArcGis, la cual ayudará a identificar el uso de suelo predominante en cada cuadrante de 1km².

2.5.2. *Interpolación de datos*

Se realizará una base de datos de temperatura y radiación para cada año, las cuales se interpolarán con el mapa de uso de suelo; de esta manera se obtendrá un dato predominante de temperatura, radiación y uso de suelo, el cual será utilizado para la aplicación de la metodología de Gunther.

2.5.3. Especies vegetales por uso de suelos.

Se asignan las especies vegetales más representativas de la zona de la Sierra presentes dentro de nuestra área de estudio, cada uno de ellos se clasifica de acuerdo con su cobertura, las especies se describen a continuación en la tabla 1-2.

Tabla 1-2. Tipo de vegetación en cada estrato de la sierra centro de Ecuador.

Uso	Categoría	Especies
1	Especies de transición	Vegetación siempre verde, <i>Ananas Comosus</i> , <i>Passiflora edulis</i> .
2	Pasto natural	<i>Olcus lanatus</i> , <i>Carex muricata</i> , <i>Paspalum sp.</i>
3	Vegetación arbustiva	<i>Aloe vera</i> , <i>Escallonia mirtilloides</i> , <i>Buddleja Incan</i>
4	Cultivos de ciclo corto	<i>Pisum sativum</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Phaseolus vulgaris L</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Solanum tuberosum</i> , <i>Triticum spp</i> , <i>Manihot utilissim</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Allium cepa</i> , <i>Triticum spp</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Phaseolus vulgaris L</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Brassica oleracea var. Italica</i> , <i>Lactuca sativa L</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Brassica oleracea var. Viridis</i> , <i>Beta vulgaris var. Conditiva</i> , <i>Zea mays</i> , <i>Solanum tuberosum</i> .
5	Páramo	Caracterizado por la presencia de árboles de <i>Polylepis</i> , <i>Halenia weddeliana</i> , <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Chuquiragua jussieui</i> , <i>Oritrophium peruvianum</i> , <i>Diplostephium glandulosum</i> , <i>Dorobaea pimpinellifolia</i> , <i>Gynoxys cuicochensis</i> , <i>Gynoxys miniphylla</i> , <i>Valeriana microphylla</i> , <i>Valeriana plantaginea</i> , <i>Valeriana rigida</i> .
6	Bosque Natural	Caracterizado por una gran cantidad de musgos y plantas epífitas como: <i>Carapa guianensis</i> , <i>Eschweilera</i> , <i>Anthurium mindense</i> , <i>Anthurium gualeanum</i> , <i>Gunnera pilosa</i> , <i>Bocconia integrifolia</i> , <i>Piper aduncum</i> , <i>Miconia crocea</i> , <i>Cedrela montaña</i> , <i>Chusquea scandens</i> , <i>Puya glomerifera</i> , <i>Centropogon calycinus</i> , <i>Meriania maxima</i> , <i>Cinnamomum palaciosii</i> , <i>C. triplinerve</i> , <i>Freziera canescens</i> , <i>Cotula australis</i> , <i>Critoniopsis palaciosii</i> , <i>Tournefortia fuliginosa</i> , <i>Vallea stipularis</i> , <i>Oreopanax ecuadorensis</i> , <i>Tournefortia scabrina</i> , <i>Podocarpus oleifolius</i> , <i>Cortadeira spp</i> , <i>Brachyotum ledifolium</i> , <i>Baccharis latifolia</i> , <i>Polylepis reticulata</i> , <i>Lichene</i> , <i>Weinmannia fagaroides</i> ,
7	Bosque plantado	<i>Pinus radiata D</i> , <i>Eucalyptus globulus L</i> .
8	Cultivos tropicales	<i>Saccharum officinarum</i> , <i>Elaeis guineensis</i> .

9	Frutales	<i>Citrus sinensis, Musa sapientum, Cyphomandra betacea, Prunus persica, Malus doméstica, Pyrus communis L, Persea americana, Carica pentagona, Fragaria vesca..</i>
10	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus escoparius, Panicum máximo, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>
11	Bosque intervenido	<i>Cortaderia sp, Pteridium arachanoideum, Baccharis sp, Rubus spp, Terminalia oblonga, Sapium sp., Guárea guidonia, Guadua angustifolia, Ochoroma pyramidale, Trichilia havanensis, Cordia alliodora</i>

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

Estos datos fueron obtenidos de los estudios: Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Quito: CONDESAN (Báez, Salgado, & Janeth, 2010); Zonificación forestal en el cantón Cañar, bajo criterio biofísico y de conservación para un equilibrio social económico y ambiental. (Casanova, 2010); Principales productos agrícolas (INEC, 2000); Propuesta de norma para los Productos Forestales Diferentes de la Madera del Ecuador. Quito: Ministerio de Ambiente (Lozano, 2011); Geoportal del Agro Ecuatoriano (MAGAP, 2010); Datos estadísticos agropecuarios (Sistema Estadístico Agropecuario Nacional, 2010); Ministerio del Ambiente (Yépez, 2012); Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la provincia de Loja (Cueva & Chalán, 2010); Plan de manejo Reserva Ecológica Cotacachi - Cayapas. Quito (Ministerio de Ambiente, 2008).

2.5.4. *Cambios temporales de la cobertura natural*

Para el presente estudio, se estimará el cálculo de la Deforestación Bruta Anual (R) obteniendo el valor con la siguiente ecuación.

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1}$$

(Ec.1-2)

Dónde:

A1: área inicial del uso de suelo n;

A2: área final de uso de suelo n

t1: fecha inicial;

t2: fecha final.

La presente ecuación permite cuantificar la deforestación total anual en un determinado período, propuesta por Puyravaud (MAE, 2011).

2.5.5. *Determinación de los factores de emisión*

Los componentes de emisión (Isopreno, monoterpenos y OCOV) se obtienen de varias compilaciones de inventarios históricos, principalmente de la Universidad de Lancaster (Lancaster, 2002), debido a que la base de datos que posee dicha institución es sumamente confiable y la más amplia y con mayor variedad de especies similares a las existentes en el país.

También se tomaron datos del trabajo de titulación denominado Evaluación las Emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Tungurahua en el año 2015 (Paredes, 2017).

Cabe recalcar que dentro de los límites del Ecuador existen especies vegetales que no poseen información de factores de emisión, mientras que las especies que si la poseen cumplen con las condiciones estándar y unidades requeridas.

Dentro de la tabla 2-2 se citan los factores de emisión de las especies utilizadas para el presente estudio.

Tabla 2-2. Factores de emisión de Isopreno, Monoterpenos, OCOV ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) en cada especie vegetal de la sierra centro de Ecuador.

Especies Vegetales	Isopreno (*)	Monoterpenos (**)	OCOV (**)
<i>Valeriana sp.</i>	1	1	1,6
<i>Bocconia integrifolia</i>	0	0	
<i>Cinnamomum palaciosii</i>	0	0,02	NI
<i>Pinus sylvestris L</i>	0,1	2,5	1,9
<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	79	3,4	1,8
<i>Solanum tuberosum</i>	0	0,6	0
<i>Elaeis guineensis</i>	172,9	0	1,5
<i>Citrus sinensis</i>	0	1,8	1,5
<i>Theobroma cacao</i>	0	0	NI
<i>Coffea sp.</i>	0	0	1,5
<i>Musa sapientum</i>	0	0	NI

<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	1,5
<i>Prunus pérsica</i>	0	0,935	NI
<i>Malus domestica</i>	0	0,6	NI
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0,6	NI
<i>Citrus limonum Risso</i>	0	0	NI
<i>Persea americana</i>	0	0	NI
<i>Carica pentagona</i>	0	0	NI
<i>Fragaria vesca</i>	0	0	NI
<i>Rubus glaucus</i>	0	0	NI
<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	0	28,2	1,5
<i>Aster alpines</i>	0	0	1,5
<i>Dianthus caryophyllus</i>	0	0	1,5
<i>Delphinium</i>	0	0	1,5
<i>Rosa spp</i>	0	0	1,5
<i>Limonium sinuatum</i>	0	0	1,5
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	0	0	1,5
<i>Moluccella laevis</i>	0	0	1,5
<i>Triticum spp</i>	0	0	NI
<i>Hordeum vulgare</i>	0	0	NI
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	0	0	NI
<i>Vicia faba</i>	0	0	1,5
<i>Pisum sativum</i>	0	0	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Lactuca sativa L</i>	0	0	NI
<i>Avena sativa</i>	0,01	0,26	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Beta vulgaris</i>	0	0	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Baccharis latifolia</i>	0,1	0,1	NI
<i>Eugenia sp</i>	110		NI
<i>Citrus limonum</i>	0		NI
<i>Citrus sinensis</i>	0	1,8	1,5
<i>Cyphomandra betacea</i>	0		1,5
<i>Prunus pérsica</i>	0	0,935	NI
<i>Malus domestica</i>	1	0,6	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0,6	NI

Condiciones de temperatura de 30 °C y PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (*). Condiciones de temperatura de 30 °C (**). No posee Información alguna (NI).

Fuente: Lancaster, 2002

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

2.5.6. Creación de mapas de Temperatura y Radiación

Se generarán mapas de temperatura y radiación solar con datos mensuales de las estaciones meteorológicas que se encuentran en la provincia, éstos serán proporcionados por el INAMHI y CEAA, dichos mapas se realizan para cada mes del año 1985 y 2016.

Tabla 3-2. Variación de la temperatura (°C) de las estaciones de la provincia de Chimborazo 2016.

MES	ESTACIONES METEOROLOGICAS										
	Alao	Atillo	Cumandá	Espoch	Matus	Multitud	Quimiag	San Juan	Tixán	Tunshi	Urbina
Enero	12.00	9.00	19.00	16.00	14.00	16.00	15.00	12.00	10.00	16.00	9.00
Febrero	13.00	9.00	23.00	15.00	14.00	16.00	14.00	12.00	10.00	14.00	9.00
Marzo	12.53	9.57	21.00	14.52	13.67	16.14	13.88	11.81	9.87	14.45	8.57
Abril	12.10	9.27	22.00	14.62	13.94	16.03	14.04	11.87	9.51	14.41	9.50
Mayo	11.44	8.65	24.30	14.05	13.17	16.19	13.42	11.05	9.08	13.84	7.78
Junio	10.23	7.31	23.70	12.46	11.67	15.86	11.96	9.81	8.11	12.42	6.61
Julio	10.19	7.00	22.69	12.37	11.48	15.40	11.70	9.66	8.23	12.14	6.33
Agosto	10.31	7.09	22.47	12.89	11.89	16.08	12.20	3.74	8.98	12.61	6.40
Septiembre	10.36	7.25	22.71	13.08	12.04	15.25	12.35	9.93	8.55	12.79	6.57
Octubre	11.76	8.26	22.00	14.15	13.42	15.88	13.45	11.22	8.58	13.83	7.85
Noviembre	12.04	8.57	22.43	14.71	13.70	15.79	13.89	11.43	8.57	14.36	8.26
Diciembre	11.45	8.35	24.01	14.03	13.29	14.72	13.56	11.02	8.14	13.57	7.70

Fuente: INHAMI

Realiza por: Alejandra Pérez, 2019.

Tabla 4-2. Variación de la radiación (Wm^{-2}) de las estaciones de la provincia de Chimborazo 2016.

Mes	Estaciones Meteorológicas										
	Alao	Atillo	Cumandá	Espoch	Matus	Multitud	Quimiag	San Juan	Tixán	Tunshi	Urbina
Enero	213.38	229.62	121.00	139.26	234.30	49.39	242.73	195.58	206.08	246.00	214.99
Febrero	213.38	142.68	123.00	202.10	184.20	44.06	166.78	152.08	196.26	197.32	160.69
Marzo	148.82	152.90	121.00	202.87	163.39	44.83	163.23	154.53	183.18	196.71	194.39
Abril	171.70	192.68	123.00	234.01	212.98	58.46	197.39	180.38	197.95	220.96	180.15
Mayo	162.33	184.80	140.58	224.14	195.87	73.05	189.05	170.36	204.37	216.70	168.82
Junio	126.34	130.78	126.65	190.41	151.85	72.34	159.12	148.51	199.65	183.89	151.11
Julio	148.91	125.89	96.73	213.19	183.85	73.07	182.58	160.76	223.40	208.71	163.41
Agosto	188.13	154.57	118.98	242.18	208.89	128.38	216.73	180.04	268.58	238.19	197.59
Septiembre	193.17	179.31	93.62	236.23	213.05	75.91	206.33	195.52	222.59	232.00	137.23

Octubre	226.64	236.21	99.50	243.92	239.96	132.39	222.37	211.13	232.68	259.09	236.06
Noviembre	219.91	225.14	127.19	252.58	238.34	114.45	236.21	199.55	242.91	250.33	235.47
Diciembre	182.88	209.28	109.77	228.19	216.76	63.87	219.21	177.58	187.43	230.92	178.86

Fuente: INHAMI.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

2.5.6.1. *Elaboración de base de datos de la densidad foliar de las especies vegetales de la provincia de Chimborazo.*

Para determinar la densidad de biomasa foliar por uso de suelo, se utilizará la referencia de estudios de investigación, principalmente la investigación de la Universidad de las Fuerzas Armadas, donde se determinó en base a la predominancia del estrato, de esta manera si hay predominio de un estrato no se le considera al de menor importancia dentro del cuadrante.

Tabla 5-2. Densidad de masa foliar (g m^{-2}) por uso de suelo.

Uso de suelo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dic
Bosque	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485
Bosque	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Cultivos de ciclo Corto	0	0	123	123	123	0	0	123	123	123	0	0
Frutales	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Pasto	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
Arboricultura	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398
Paramo	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Maíz	0	380	380	0	0	0	0	380	380	380	380	0
Vegetación	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Papa	0	0	32	32	32	0	0	32	32	32	0	0
Caña de	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
Pasto natural	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
Bosque	361.8	361.8	361.8	361.8	361.8	361.8	362	361.8	361.8	361.8	361.8	361.8
Palmito	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3
Área Urbana	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

Considerando estos valores, se procederá a realizar un promedio anual de las coberturas utilizados, para determinar los valores en cada celda; de esta manera se consideró 15 categorías en cada cobertura en la provincia de Chimborazo, debido a que esta provincia tiene una zona de transición, hacia el litoral, se consideró especies de zonas más cálidas, los cultivos siempre suelen ser predominantes, y son un indicador de las características de las zonas ecológicas donde se han implementadas.

Para la estimación de Compuestos Orgánicos Volátiles de origen Biogénico, necesitamos varios datos relacionados con la morfología de las plantaciones, dentro de los diferentes usos de suelo apreciados dentro de la provincia.

Tabla 6-2. Densidad foliar de las especies vegetales en la provincia de Chimborazo.

Uso de suelo	Promedio anual (g m ⁻²)
Bosque natural	485
Bosque intervenido	200
Cultivos de ciclo corto	61.5
Frutales	153
Pasto cultivado	159
Arboricultura tropical	398
Páramo	145
Maíz	190
Vegetación arbustiva	150
Papa	16
Caña de azúcar	111
Pasto natural	159
Bosque plantado	361.8
Área Urbana	15
Zona erosionada	0

Realizado por: PÉREZ, Alejandra, 2019.

2.5.7. Determinación de emisiones de COVBs.

Para estimar la emisión de COVs generados por la vegetación hemos empleado el modelo de Guenther, el cual mediante ecuaciones que relacionan la reactividad nos permiten calcular la emisión de COVB's, los cuales se aprecian en tres categorías: (1) Isoprenos, (2) Monoterpenos y (3) otros compuestos. Para esto aplicamos las siguientes ecuaciones:

2.5.7.1. Isopreno

Para este cálculo, las ecuaciones relacionan la densidad de la biomasa foliar con relación a raíces, tallos, troncos; debido a que la emisión de isopreno está directamente relacionada con la fotosíntesis.

$$E_{iso}(K, horario) = EF_j^{iso} * ECF(T, P) * FBD_j * A$$

(Ec. 2-2)

Donde:

α = Área de cada celda (1 km²)

EF_j^{iso} = Densidad de biomasa foliar de la categoría j de uso de suelos (g/m²)

$ECF(T, P)$ = Coeficiente de corrección ambiental de la temperatura y PAR (adimensional).

EF_j^{iso} = Coeficiente de emisión estándar de isopreno con la categoría j

$E_{iso}(K, horario)$ = Emisión de isopreno de cada hora en la celda k th.

$$ECF(T, P) = C_T * C_P \quad (\text{Ec. 3-2})$$

Donde:

$ECF(T, P)$ = Factor de correlación

C_T = Factor de corrección correspondiente a la temperatura.

C_P = Factor de corrección para el PAR. Estos factores están definidos por las siguientes ecuaciones:

$$C_L = \frac{\alpha * C_{L1} * L}{\sqrt{1 + \alpha^2 * L^2}} \quad (\text{Ec. 4-2})$$

$$C_T = \frac{\exp\left(\frac{C_{T1} * (T - T_S)}{R * T_S * T}\right)}{1 + \exp\left(\frac{C_{T2} * (T - T_m)}{R * T_S * T}\right)} \quad (\text{Ec. 5-2})$$

Donde:

A= 0.0027

C_{L1} = 1.066

C_{T1} = 95 000 Jmol⁻¹

C_{T2} = 230 000 Jmol⁻¹

T_m = 314 K

L= PAR ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-2}$) en la celda k

T_S = 303k, temperatura en condiciones de referencia

R= 80314 JK⁻¹mol⁻¹ constante universal de los gases

T= Temperatura expresada en grado kelvin, registrada en la celda k

Las siguientes ecuaciones se aplican para calcular el promedio de cada mes para los años 1985 y 2016

$$E_{iso}(K, \text{daily}) = \sum_{h=1}^{24} E_{iso}(K, \text{hourly}) \quad (\text{Ec. 6-2})$$

Donde:

$E_{iso}(K, \text{daily})$ = Exposición de isopreno en la celda kth (g/d). Para valores mensuales.

Las emisiones diarias (media) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$E_{iso}(K, monthly) = 30 E_{iso}(K, daily) \quad (\text{Ec. 7-2})$$

Donde:

$E_{iso}(K, monthly)$ = Emisión de isopreno (g/d) para un día medio del mes

$E_{iso}(K, hourly)$ = Emisión mensual del isopreno (g/mes).

Las emisiones anuales son obtenidas de la ecuación:

$$E_{iso}(K, annual) = \sum_{m=1}^{12} E_{iso}(K, monthly) \quad (\text{Ec. 8-2})$$

Donde:

$E_{iso}(K, annual)$ = Emisión anual de isopreno (g/año).

Monoterpenos

Las emisiones horarias se estiman con la siguiente ecuación:

$$E_{mon}(K, hourly) = EF_j^{mon} * M(T) * FBD_j * A \quad (\text{Ec. 9-2})$$

Donde:

EF_j^{mon} = Factor de emisión de monoterpenos asociado con la categoría j (g/gh)

$E_{mon}(K, hourly)$ = Emisión horaria de monoterpenos en la celda kth (g/h)

$M(T)$ = Factor de corrección ambiental de temperatura, definido por la siguiente ecuación:

$$M(T) = \exp(\beta * (T - Ts)) \quad (\text{Ec. 10-2})$$

Donde:

$\beta = 0.09 K^{-1}$ coeficiente empírico.

La emisión anual, mensual y diaria se obtiene empleando las ecuaciones del isopreno.

Otros compuestos orgánicos volátiles

Se calculan con la ecuación equivalente al de los monoterpenos

$$E_{mon}(K, hourly) = EF_j^{mon} * M(T) * FBD_j * A$$

(Ec. 11-2)

2.5.8. *Análisis Estadístico*

Para este análisis estadístico se utilizará el programa MiniTab versión 17 para Windows en el cual los datos se procesan mediante un análisis de bloques (DBCA), el cual permitirá analizar las variables de temperatura, radiación y COVBs las cuales se analizan de forma mensual para cada año respectivamente.

2.5.8.1. Análisis del coeficiente de variación.

El coeficiente de correlación de Pearson, ayudará a definir una medida lineal entre dos o más variables aleatorias cuantitativas, gracias al cual se identificará la correlación más fuerte entre los datos de temperatura, radiación y COVBs para identificar semejanzas entre los valores del año 1985 y 2016.

CAPITULO III

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Tipo de Vegetación de la provincia de Chimborazo

3.1.1. Tipo de vegetación para la provincia de Chimborazo en el año 1985

La tabla 1-3 muestra la clasificación del tipo de suelo para el año 1985, de igual manera se detalla las especies predominantes dentro del mismo. La presente información fue facilitada por la dirección Zonal 3 del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

En proporción se consideraron las áreas intervenidas que representan el 40.08% del territorio, mientras que para las áreas sin intervención representa el 59.91 % del territorio; existe 6.807 cuadrantes de 1 km², representado en la figura 1-3.

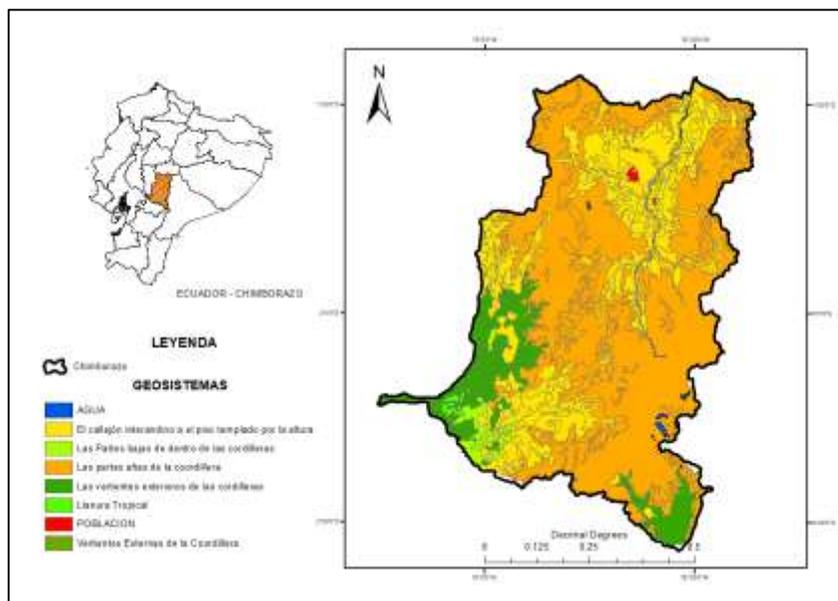


Figura 1-3. Mapa de usos de suelo según los GEOSISTEMAS 1985.
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

Los geosistemas manifiestan agrupaciones grandes de categorías de suelo, en nuestro caso podemos visualizar 10 GEOSISTEMAS, correspondientes a la provincia de Chimborazo.

Tabla 1-3. Uso de suelo de la provincia de Chimborazo para el año 1985.

Tipo de suelo (Nivel mapa)	
<i>Las formaciones de Vegetales</i>	Páramo
<i>Formación de arbustiva a arbórea siempre verde</i>	Matorral
<i>FORMACIONES VEGETALES NATURALES</i>	Quebradas y vertientes empinadas incultas.
	Monte de altura bastante húmedo.
	Matorral
	Vertientes muy fuertes y erosionadas.
	Selva.
	Rebotes después del desmonte.
	Pradera con algunos arbustos de porte baja. Difícilmente ahí se hablará de sabana.
<i>PISO MINERAL</i>	En el arenal del Chimborazo y al Sur de Guamote formas características de ablación (esculturales) y de acumulación eólica.
	Nevados
	Peñascos
<i>AGUA</i>	Agua
<i>EL ESPACIO CULTIVADO (AGER)</i>	Pasto
	Maíz
	Cereales
	Papas
	Hortalizas
<i>POBLACIÓN</i>	Población
<i>EL ESPACIO CULTIVADO -A- VERTIENTE OCCIDENTAL (AGER)</i>	Pastos Naturales
<i>EL ESPACIO CULTIVADO (¿UN AGER?)</i>	Pastizal
	Bosque Natural
<i>EL ESPACIO CULTIVADO -B- VERTIENTE OCCIDENTAL (¿UN AGER?)</i>	Pasto Natural
	Maíz

Realizado por. Alejandra Pérez, 2019.

Porcentaje de usos de suelo 1985.

Se realizó una asignación de las coberturas para cada cuadrante de 1 km², de esta manera se logró extraer los valores de cada uno para estimar el porcentaje de las celdas; siendo la de mayor proporción la formación perenne, con el predominio de *Calamagrostis intermedia*; con el 37.51% propio de los paisajes andinos del súper páramo, existiendo también una gran presencia de cereales con el 10.09% con presencia de papa (*Solanum tuberosum*) y habas (*Vicia faba*), principalmente.

Tabla 2-3. Porcentaje de uso de suelo de la provincia de Chimborazo para el año 1985.

USO DE SUELO	CELDAS	PORCENTAJE (%)
Sin Información	375	5.77
Formación herbácea perenne, con <i>Calamagrostis intermedia</i>	2438	37.51
Formación heterogénea, herbácea arbustiva, de cerrada a abierta siempre verde	183	2.82
Arenales	191	2.94
Nieve y casquetes glaciares	70	1.08
AGUA	27	0.42
Mosaico pasto y vegetación leñosa.	53	0.82
Formación de arbustiva a arbórea siempre verde	210	3.23
Pastos.	327	5.03
Papas, barbecho y pastos, a veces un poco de cebada y tubérculos secundarios incluyendo a veces mashua.	170	2.62
Cereales (3) papa, haba.	656	10.09
Maíz o maíz - fréjol sin cualquier otra asociación característica.	71	1.09
Formación arbórea, cerrada siempre verde.	121	1.86
Rocas	80	1.23
Formación arbustiva con islotes de V2 1.	32	0.49
Árboles frutales de variedades templadas y Maíz o maíz - fréjol.	19	0.29
Maíz o maíz _ fréjol y chocho.	152	2.34
Maíz o maíz + fréjol asociado al haba, más algunos pastos y campos de papa.	94	1.45
Cereales (3) (trigo) con otros campos de lenteja y arveja.	221	3.40
Cereales dominantes (trigo), maíz y pastos en la hoyo de Guaranda. Cereales dominantes (cebada), maíz y pastos en el Callejón Interandino.	114	1.75
Pastos y cultivos (generalmente de maíz)	201	3.09

Maíz o maíz - fréjol y alfalfa,	55	0.85
Bosque de eucaliptos.	2	0.03
Campos de papa en el páramo.	16	0.25
POBLACION	10	0.15
Ajo y cebolla.	6	0.09
Formación heterogénea (herbácea-arbustiva) muy baja y abierta.	122	1.88
Hortalizas de clima templado.	11	0.17
Maíz o maíz - fréjol y cebada.	13	0.20
Campos de papa y pastos	8	0.12
Formación arbórea siempre verde.	312	4.80
Pastos naturales sin o con muy escasos cultivos y bastante vegetación arbórea.	17	0.26
Pastos artificiales ocupando toda la zona, sin vestigios del bosque primitivo.	7	0.11
Policultivo tropical mezclando horticultura y fruticultura.	23	0.35
Pastizal plantado, escasa vegetación leñosa y bastantes cultivos	6	0.09
Bosques de Pinos.	1	0.02
Pastizal plantado, poca vegetación leñosa y escasos cultivos.	64	0.98
Cultivos tropicales variados, domina la caña o el maíz sobre la yuca, el fréjol, etc., frutales variados,	15	0.23
Pastos naturales sin o con pocos cultivos y restos de vegetación arbórea.	20	0.31
Maíz de variedades templadas o tropicales asociado en un mismo sistema con cultivos tropicales	68	1.05
Pastos artificiales sin o con escasos cultivos y dominancia de la vegetación arbórea.	14	0.22
Formación herbácea continua anual.	85	1.31
Formación degradada de V-28 - V-38 de la parte - arbustiva dominante, con huellas de V-28 - V-38	88	1.35
Cultivos de Arroz en Bancos	15	0.23
Arboricultura con Caña.	6	0.09
Cultivos Extensivos de Caña (Producción Artesanal de Panela)	0	0.00
Arboricultura con Vegetación Arbórea Húmeda.	10	0.15
Horticultura tropical (esencialmente tomate y fréjol)	8	0.12

Fuente: MAG 2017.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

3.1.2. Tipo de vegetación para la provincia de Chimborazo en el año 2016

Para determinar la clasificación del tipo de suelo para el año 2016, se detalla las especies más predominantes dentro del uso de suelo. La presente información fue facilitada por el sistema nacional de información, que proporciona en base a la cartografía de coberturas de la dirección Zonal 3 del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Como analogía se consideraron las áreas sin intervención que representan el 31.26% de la superficie total de la provincia de Chimborazo; mientras que las zonas intervenidas por acción antrópica, representa el 68.74%; existe 6807 cuadrantes de 1 km², representado en la figura 2-3

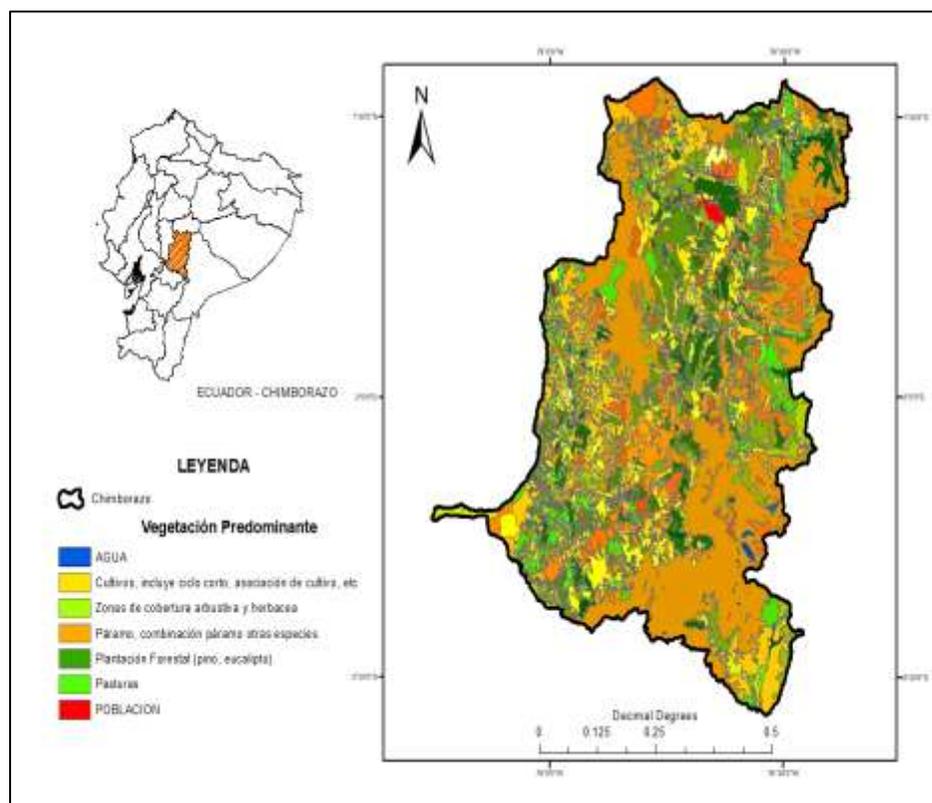


Figura 2-3: Mapa de usos de suelo 2016.
Realizado por: PÉREZ, Alejandra 2019.

Dentro de la tabla 3-3 se describe la proporción de los usos de suelo que ocupa cada cuadrante de 1 km², con un valor de clasificación de uso de suelo actual para la provincia de Chimborazo.

Tabla 3-3: Porcentaje de uso de suelo de la provincia de Chimborazo para el año 2016.

USOS DE SUELO	SIMBOLOGÍA	CELIDAS	PORCENTAJE%
Área Erosionada	Ae	15	0,23
Bosque intervenido	Bi	153	2,36
Plantación Forestal	Bp	320	4,9
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados.	Ce	114	1,77
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados.	Cd-Cm	305	4,68
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados.	Cp	60	0,92
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados.	Ch	31	0,49
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cm	377	5,81
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados.	Cx-Pc	24	0,37
Pasturas, pasto cultivado, pasto natural	Pc	503	7,74
Pasturas, pasto cultivado, pasto natural	Pn	270	4,15
Páramo	Pr	2185	33,61
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cr	5	0,08
Vegetación Arbustiva	Va	636	9,8
Bosque Nativo	Bn	283	4,35
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	C	24	0,37
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cb	64	0,99
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cc	155	2,38
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cd	26	0,4
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cf/Ca	17	0,26
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cn	1	0,02
Cultivos, asociación de cultivos, ciclo corto, anuales, no diferenciados	Cw/Cm	1	0,02
Hielo	Ob	2	0,04
Sin Cobertura-arenal	On	220	3,38
Sin Información	S/I	306	4,71
Urbano	U	35	0,54
Agua	Wa	3	0,05
Agua	Wn	25	0,38

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

Cálculo de pérdida de cobertura natural.

La pérdida de la cobertura natural muestra un valor negativo, considerando que el ecosistema de páramo es el predominante en la provincia, el gráfico 3-3. muestra la variación de los 30 años de temporalidad, como referencia encontramos una pérdida de cobertura de páramo con un valor de -17.47 ha/año; contrastando la información éstos valores representan un nivel considerable promedio de la provincia de Chimborazo, que según MAE (2016) alcanza 928 ha/año a nivel del país.

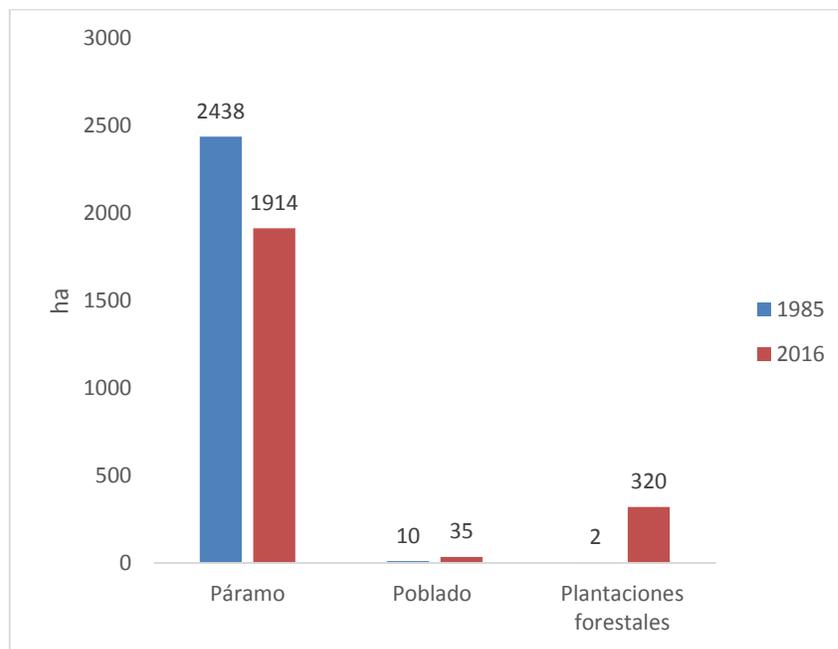


Gráfico 1-3: Cambio anual bruto (ha/año) entre tres categorías
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

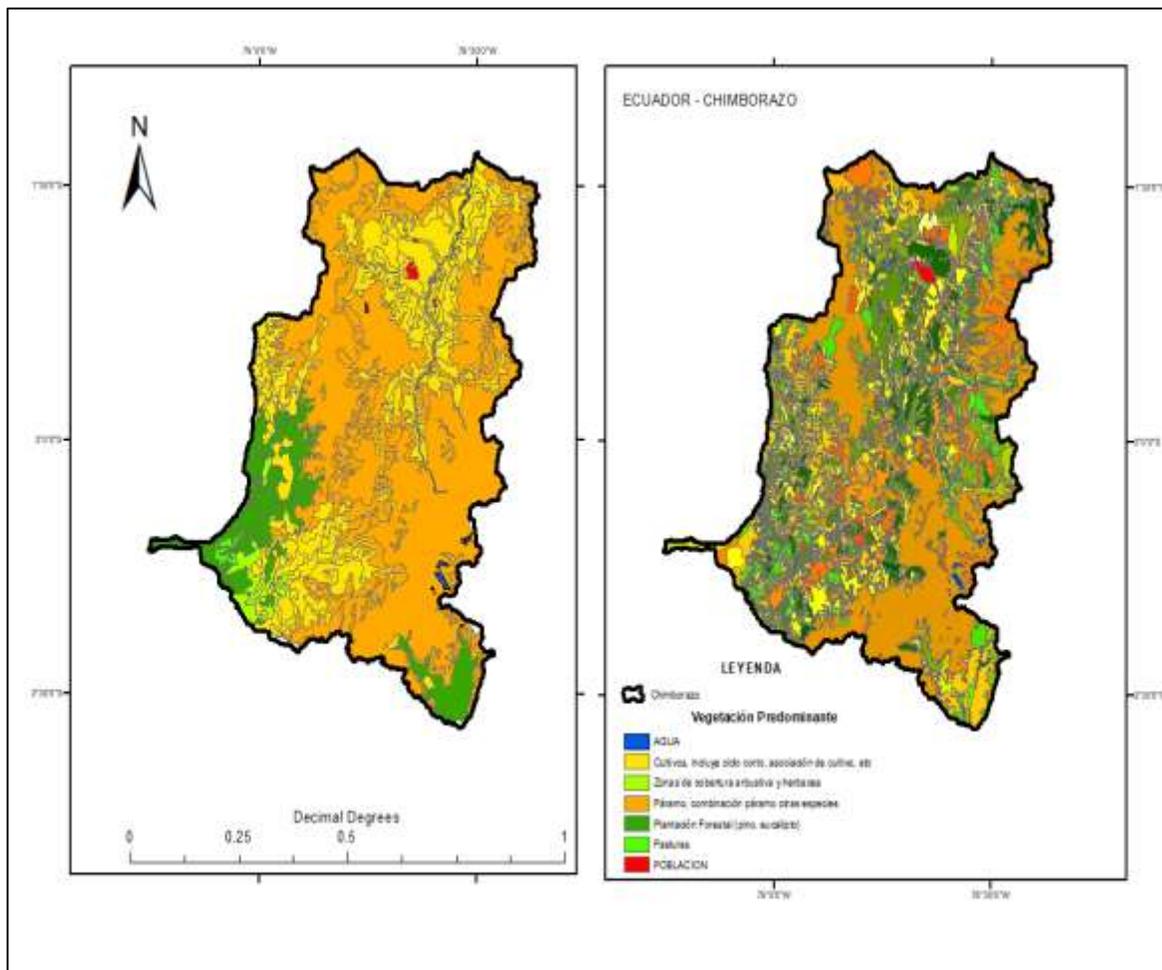


Figura 3-3: Cambio de categorías de uso de la tierra 1985-2016.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

3.1.3. *Tipo de suelo para la provincia de Chimborazo en el año 2016.*

Nuestro análisis demuestra el estudio de la composición vegetal de cada categoría, considerando las principales especies que existen en cada uso de suelo. La provincia de Chimborazo, se caracteriza por tener un amplio rango de ecosistemas, desde la zona de transición de la parte baja y las zonas características alto andinas, que ha logrado mantener un equilibrio entre flora y fauna, con esto se logra obtener información adecuada y con un gran nivel de precisión (MAE, 2012).

Tabla 4-3: Grupos de vegetación predominante en la provincia de Chimborazo.

Vegetación	Características
Herbazal de páramo	<p>Este ecosistema está caracterizado por tener una vegetación densa dominada por gramíneas amacolladas de los géneros <i>Calamagrostis</i>, <i>Agrostis</i>, <i>Festuca</i>, <i>Cortaderia bífida</i> y <i>Stipa</i>. En las comunidades húmedas de más de un metro de alto domina <i>Calamagrostis effusa</i> y en los pajonales pluviestacionales, <i>Calamagrostis</i> recta junto con parches de arbustos xerofíticos de los géneros <i>Diplostephium</i>, <i>Hypericum</i> y <i>Pentacalia</i> y una abundante diversidad de hierbas en roseta, rastreras y diversas formas de vida creciendo (Ramsay y Oxley, 1997).</p> <p>Los arbustos y las pajas amacolladas desaparecen gradualmente a lo largo del gradiente de elevación y son reemplazados en importancia por los cojines, rosetas acaulescentes, arbustos prostrados y hierbas de tallo corto (Cuatrecasas, 1968; Harling, 1979; Cleef, 1981; Luteyn, 1999; Ramsay y Oxley, 1997).</p> <p>La composición y fisonomía de estos herbazales difieren altitudinal y latitudinalmente (Ramsay, 1992). Factores tales como el clima, la historia geológica, la diversidad de hábitats junto con la influencia humana configuran la diversidad de la biota del páramo a escalas locales (alfa) y del paisaje (gama) (Cleef, 1981; Sklenar y Ramsay, 2001). Estas diferencias se expresan geográficamente llegando a configurar diferencias en la composición y estructura de las comunidades de flora de este ecosistema. En el norte y centro del país, las comunidades de su franja altitudinal inferior (3.400-4.100 m) se componen de <i>Calamagrostis spp</i>, <i>Oreomyrrhis andicola</i> y <i>Gnaphalium pennsylvanicum</i>. Entre el Altar y los páramos del Cajas, la comunidad varía por las condiciones de humedad bajan y se crean asociaciones entre <i>Calamagrostis sp.</i> y <i>Viola humboldtii</i>. Hacia el sur del país, en los páramos de Oña, Zapote Naida y Cajas forma asociaciones entre <i>Calamagrostis sp.</i>, <i>Paspalum tuberosum</i> y <i>Chrysactinium</i> acaule.</p>
Bosque Nativo	<p>Los bosques andinos con características de altura de la copa de los árboles que alcanzan los 15-25 m de alto. Presentes en proyecciones de cenizas volcánicas, formaciones metamórficas indiferenciadas y cobertura piroclástica discontinua. Predominando pendientes fuertemente inclinadas a escarpadas (5-87°) (Demek, 1972).</p> <p>Los suelos en su mayoría inceptisoles y andosoles con una textura franco-franco limosa y en pequeñas partes al norte franco arenoso.</p> <p>La flora constituida por características propias del paisaje andino, principalmente de las familias <i>Melastomataceae</i> (<i>Miconia</i>), <i>Solanaceae</i>, <i>Myrsinaceae</i>, <i>Aquifoliaceae</i>, <i>Araliaceae</i>, <i>Rubiaceae</i>, y varias familias de helechos (Gentry, 2001).</p>
Estrato	<p>El sotobosque es generalmente denso, con árboles pequeños, y las palmeras del género <i>Geonoma</i> (Gentry, 1995; Valencia, 1995; Mogollón y Guevara,</p>

Arbustivo	<p>2004), así como <i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Vargas et al., 2000) pueden ser comunes.</p> <p>Otros géneros importantes en estas elevaciones son <i>Hieronyma</i> y <i>Alchornea</i> (Gentry, 2001). Varias familias de epífitas tienen un pico de diversidad en este ecosistema, entre ellas <i>Orchidaceae</i>, <i>Bromeliaceae</i>, <i>Araceae</i>, y algunas familias de helechos que contribuyen sustancialmente a la biomasa de estos bosques (Mogollón y Guevara, 2004).</p>
Plantaciones Forestales	<p>Las plantaciones forestales, se definen como la masa arbórea establecida antrópicamente con una o más especies forestales, diferentes de las palmas; existen diferenciaciones entre estos tipos de plantación, por ejemplo, los árboles plantados en forma aislada o dispersos que no constituyen; las plantaciones forestales y que generalmente se encuentran formando parte de sistemas agroforestales, pasturas, linderos, cortinas rompevientos, barreras vivas, entre otras.</p> <p>Los árboles de la regeneración natural en cultivos son aquellos árboles provenientes del manejo y fomento de la regeneración natural, incluidos árboles de pino (<i>Pinus radiata</i>), eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>); que se desarrollan en huertos, potreros, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, que no constituyen parte integrante de un bosque nativo y que no constituyen árboles relictos; y que por su tamaño, apariencia, especie y madurez fisiológica son clasificados como tales.</p>
Pastos	<p>Los pastos o pasturas son plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en el potrero y sirven para la alimentación del ganado. Aportan biomasa forrajera donde pastorea el ganado, puede ser natural; (ejemplo: los ecosistemas de sabanas del Caribe nicaragüense) o establecidos (potreros con distintos tipos de pastos de porte baja).</p> <p>Caracterizadas por una composición de gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco.</p>
Cultivos	<p>Los cultivos se caracterizan por ser especies de una gama muy amplia de tipo, incluida desde las especies herbáceas, arbustivas, hasta la asociación de todo tipo de especies, dentro de un área delimitada geométrica, considerada en la sierra como mosaico agropecuario; está formando parte los cultivos anuales y de ciclo corto, perennes o temporales.</p>
Intervenido	<p>Se trata de toda actividad no natural, donde el hombre establece influencia directa, se catalogan a esta categoría, las vías, centros poblados, construcciones, e inclusive áreas donde el hombre ejerce remoción de cobertura.</p>

Fuente: Galeas et al., 2010.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

3.2. Variación de Temperatura y Radiación

3.2.1. Variabilidad de la temperatura 1985

Se logró obtener la información de los anuarios meteorológicos del INHAMI, y la información facilitada por las estaciones meteorológicas permitió crear mapas de interpolación mediante el modelo geoestadístico KRIGIN, para la temperatura 1985 y 2016.

Tabla 5-3. Variación de la Temperatura (°C) de las estaciones de la provincia de Chimborazo 1985.

Mes	Estación Meteorológica			
	Alao	Matus	ESPOCH	Tixán
Enero	16	19.2	13.9	13.7
Febrero	14	18.6	14.1	13.1
Marzo	15.5	19.3	13.7	13.9
Abril	16.5	18.2	13.7	12.9
Mayo	16	18.5	16.8	13
Junio	16.2	18.1	12.95	12.5
Julio	15	16.8	12.2	11.5
Agosto	14	16	12.5	10
Septiembre	10.6	18.2	13.95	12.3
Octubre	15	18.5	13.7	12.3
Noviembre	16.5	18.8	14.3	13.6
Diciembre	14.5	19.1	14.5	14.3

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

La gráfica 2-3 representa la temperatura mensual de las estaciones meteorológicas para el año 1985, caracterizado por tener una temperatura promedio que oscila entre (10-19.1) °C; propia de los ecosistemas alto andinos, el páramo en el país se ubica entre las cotas de los 3.200 y los 4.700 msnm (límite inferior del piso glaciar o gélido) los cuales nos dan una variación de temperatura entre 6 a 12 °C; por lo contrario las partes más bajas aumenta la temperatura que pueden sobre pasar los 19 °C. (Damián. D, 2014).

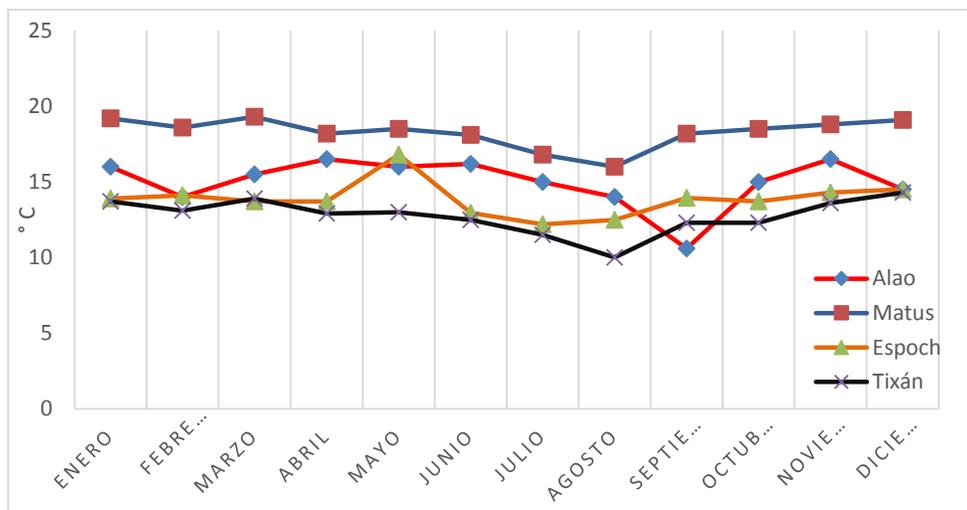


Gráfico 2-3: Variación de la variable temperatura (°C)1985.
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

3.2.2. Variabilidad de la temperatura 2016

La información correspondiente al año 2016, se logró estimar mediante la información de los anuarios meteorológicos del INHAMI, y la información facilitada por las estaciones meteorológicas permitió crear mapas de interpolación mediante el modelo geoestadístico KRIGIN, para la temperatura del año 2016.

La gráfica 3-3 representa la temperatura mensual de las estaciones meteorológicas para el año 2016, tiene un amplio rango de valores, es debido a que se incrementaron estaciones meteorológicas, que servirán para mejorar el modelo de interpolación. Encontrando una variación de altitud que va desde los 3200 m.s.n.m., en la zona de Cumandá, hasta los 6.310 m.s.n.m. en la cumbre máxima del Chimborazo; viendo la gran variación de temperatura con valores máximos en la zona del trópico entre (20-25) °C; mientras que la mayor parte tienen valores característicos de las zonas alto andinas con valores entre (8-16) °C; por lo tanto la variación de sus ecosistemas que lo conforman los páramos, páramos de almohadilla, bosque nublados, bosques montañosos, bosques vírgenes entre otros, viendo claramente cómo va cambiando su temperatura a medida que varía su altitud, observando el cambio de topografía yendo de zonas muy escarpadas hasta zonas con pendientes suaves influyendo esto en los cambios de temperatura y condiciones climáticas (Damián. D, 2014).

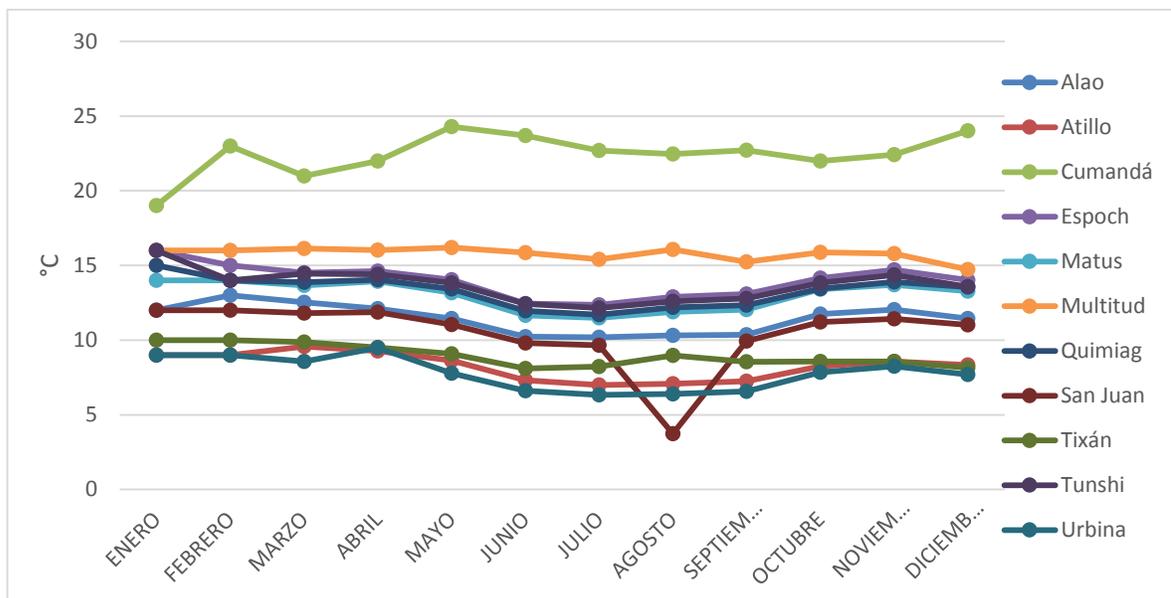


Gráfico 3-3: Variación de la variable temperatura (°C) 2016.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

3.3. Variación de la temperatura 1985-2016

La temperatura promedio, tiene un comportamiento variable, que nos indica una disminución en los valores mensuales, comportamiento que tiene la misma tendencia en los dos años, se evidencia que en el año 1985, la temporalidad de la temperatura refleja un clima más cálido, dentro de los rangos (13-16) °C con un valor máximo al mes de mayo y un valor mínimo en el mes de agosto respectivamente, con un promedio anual de 14.97 °C, mientras que, para el año 2016, encontramos un rango que oscila entre (11.33-13.55) °C; con la misma tendencia de valores máximos y mínimos en los meses de febrero y agosto respectivamente; con un promedio anual de 12.65 °C; la variación de la temperatura muestra un descenso de la temperatura promedio anual de 2.32°C; lo que en términos de cambio climático resulta con un fuerte impacto, lo que se puede notar en el informe (warming 1.5°C) IPCC (IPCC, 2016). Corroborando estos resultados con los estudios de cambio climático en américa latina (Camacho, M. 2014) que menciona que el cambio climático causará aumentos o disminuciones paulatinas en la temperatura promedio de la superficie de la tierra modificando los patrones asociados a la temperatura; dicho estudio también estima que, para finales del siglo XXI, habrá una variación en la temperatura de la superficie terrestres entre 2,6 y 4,8°C (BosquesAndinos, 2019).

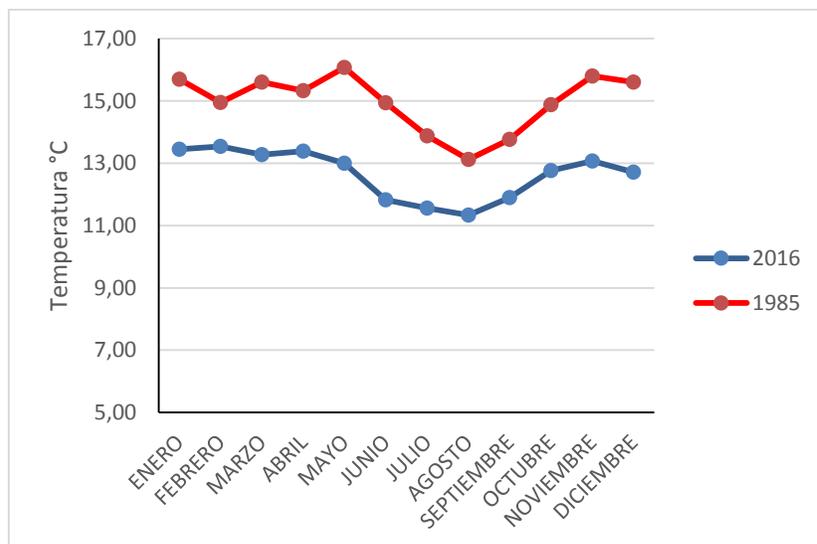


Gráfico 4-3: Variación de la temperatura (°C) entre los años 1985-2016.
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

3.3.1. Variabilidad de Radiación 1985 – 2016

Se define a la radiación fotosintéticamente activa a la cantidad de radiación que las plantas pueden producir debido a sus actividades y procesos resultantes de la fotosíntesis, propia de las plantas superiores y organismos capaces de realizar procesos fotosintéticos (García, et al. 2018). La longitud de onda de la radiación oscila entre 400 a 700 nm; mismo que representa el 45 al 53% de la energía solar global registrada. (González, et al. 2019). Para la simulación de nuestro proyecto de investigación se utilizó la valoración en unidades $W m^{-2}$, únicamente para el cálculo de COVBs, la radiación utilizada en la ecuación (3) de CL, se requiere utilizar los datos de PAR en $\mu mol m^{-2} s^{-1}$; para realizar esto se utiliza un factor de conversión el cual considera que $1 W m^{-2}$ representan 4.6 en $\mu mol m^{-2} s^{-1}$. Además, se considera que la PAR representa el 50% de la radiación solar global (Paredes, A. 2015).

Tabla 6-3: Variación de Radiación solar (Wm^{-2}) de las estaciones meteorológicas de 1985.

Mes	Estación meteorológica			
	Alao	Matus	ESPOCH	Tixán
Enero	70.80	180.40	5.90	184.40
Febrero	65.70	97.50	5.60	135.60
Marzo	50.90	79.50	5.30	132.60
Abril	60.60	112.80	4.90	123.40
Mayo	80.70	105.00	4.90	140.20
Junio	88.40	110.70	5.10	125.60
Julio	44.00	89.60	7.10	124.10
Agosto	67.00	83.30	6.50	89.80
Septiembre	88.00	95.00	5.50	154.10
Octubre	108.00	87.50	5.40	156.90
Noviembre	88.20	167.10	6.10	150.10
Diciembre	77.20	215.20	6.10	220.30

Fuente: INHAMI.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

La gráfica 5-3 representa la radiación mensual de las estaciones meteorológicas para el año 1985, muestra un rango de variación entre (220.3 - 4.9) $W m^{-2}$.

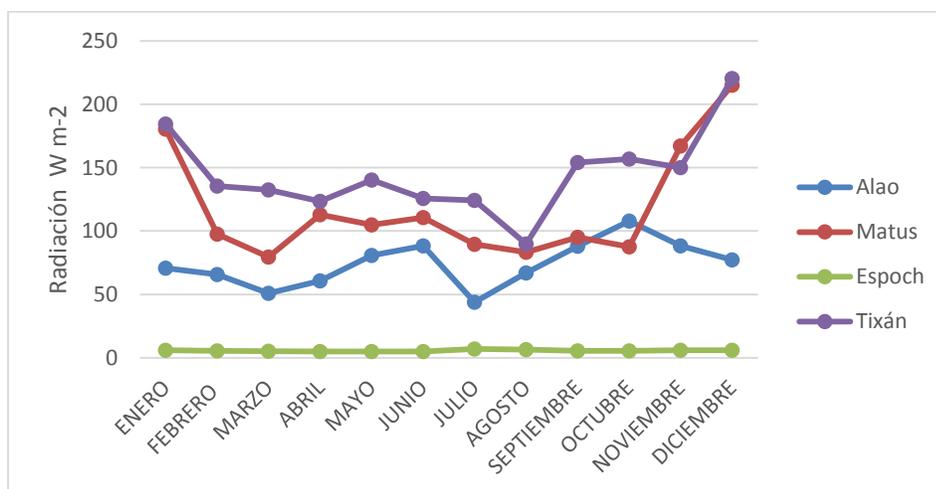


Gráfico 5-3: Radiación mensual ($W m^{-2}$) 1985.

Realizado por: PÉREZ, Alejandra 2019

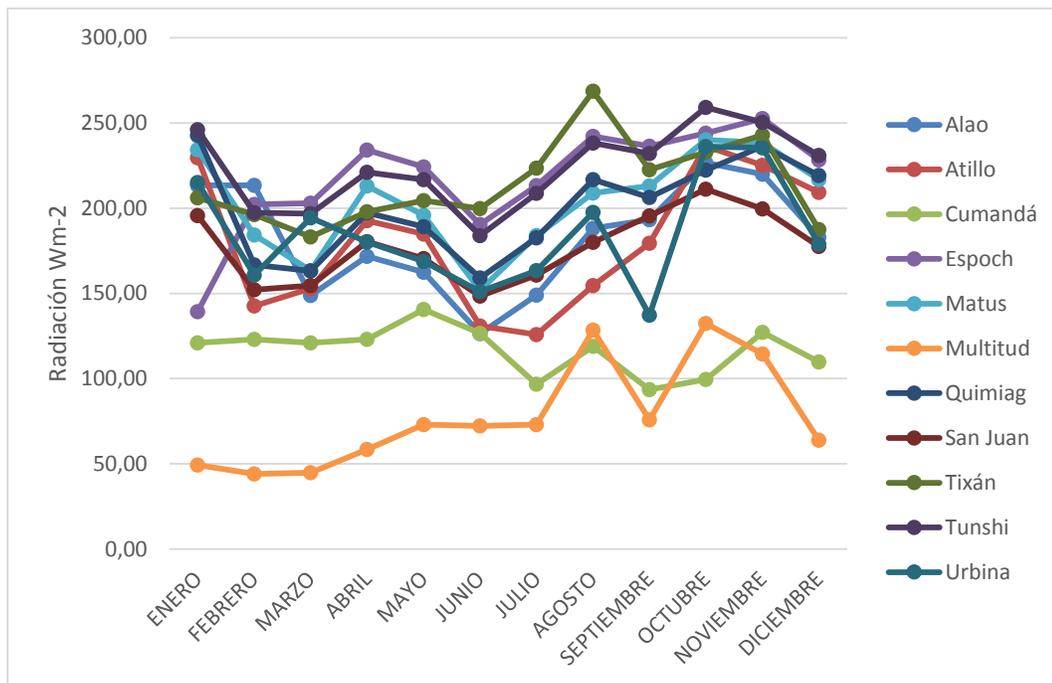


Gráfico 6-3: Radiación mensual ($W m^{-2}$) 2016

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

3.4. Emisiones de COVs de la vegetación.

Para la estimación de estos valores se procedió hacer el análisis de los valores obtenidos en cada cuadrante de $(1 \times 1) km^2$, hasta obtener los resultados mediante interpolación de los datos y así obtener los valores de los COVBs.

3.4.1. Emisiones de COVs de la vegetación 1985

En el siguiente cuadro se muestra el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico para el año 1985. Estimando un total de 3611.81 kt/anuales; distribuidos de la siguiente manera: Para las emisiones de isopreno se cuantificaron 100.62 kt/anuales, monoterpenos con 3199.92 kt/anuales y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 311.27 kt/anuales.

Tabla 7-3. Emisiones de COVBs (kt/anales) para el año1985.

	ISOPRENO	%	MONOTERPEÑO	%	OCOV	%
Enero	12.85	12.77	278.90	8.72	19.17	6.16
Febrero	7.32	7.28	270.04	8.44	27.00	8.68
Marzo	6.78	6.74	280.58	8.77	28.06	9.01
Abril	6.41	6.38	263.10	8.22	26.31	8.45
Mayo	7.84	7.79	289.71	9.05	28.97	9.31
Junio	6.59	6.55	252.38	7.89	25.24	8.11
Julio	6.18	6.14	231.34	7.23	23.13	7.43
Agosto	3.00	2.98	214.44	6.70	21.44	6.89
Septiembre	8.94	8.88	257.17	8.04	25.72	8.26
Octubre	9.07	9.01	272.18	8.51	27.22	8.74
Noviembre	9.79	9.73	298.33	9.32	29.83	9.58
Diciembre	15.85	15.75	291.75	9.12	29.17	9.37

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

Los COVs proceden tanto de origen natural como antropogénico, las cuales ocasionan que varíen en sus diferentes niveles; las emisiones biogénicas se refieren en su mayoría a hidrocarburos del grupo de los COVs emitidos por fuentes naturales, dentro de las que se destacan los provenientes de la vegetación. Las cuales al ser liberadas a la atmósfera reaccionan con otros compuestos formando parte activa en la química atmosférica, registrando contribuciones de hasta dos terceras partes de las emisiones globales, excediendo incluso a las emisiones antropogénicas (Guenther et al., 1994; Sabillón, 2001).

El mes de agosto, presenta la menor cantidad de emisión de COVBs, lo que se atribuye a las condiciones imperantes características de las zonas andinas, temperaturas bajas y escasa precipitación; Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 205.94 kt/anales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos de 3199.92 kt/anales; mientras que los valores más altos se ven reflejados al final de las temporadas lluviosas, correspondiente al mes de diciembre y mayo.

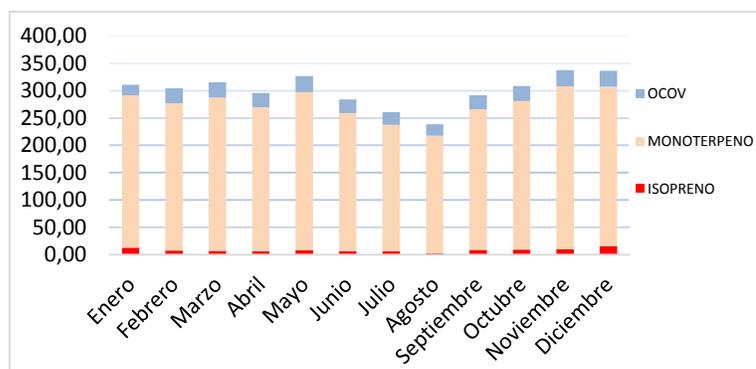


Gráfico 7-3: Variación de los niveles de COVBs mensuales para el año 1985.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

3.4.2. Emisiones de COVs de la vegetación 2016

El siguiente cuadro muestra el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico para el año 2016. Estimando un total de 2736.13 kt/anuales; distribuidos de la siguiente manera: Para las emisiones de isopreno se cuantificaron 192.19 kt/anuales, monoterpenos con 2312.67 kt/anuales y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 231.27 kt/anuales.

Tabla 8-3: Emisiones de COVBs (kt/anuales), según los usos de suelo en el año 2016.

	ISOPRENO	%	MONOTERPENO	%	OCO V	%
Enero	17.28	8.99	209.76	9.07	20.98	0.99
Febrero	14.17	7.37	203.13	8.78	20.31	9.56
Marzo	13.34	6.94	236.50	10.23	23.65	11.14
Abril	15.79	8.22	202.12	8.74	20.21	9.52
Mayo	15.66	8.15	193.82	8.38	19.38	9.13
Junio	12.88	6.70	175.78	7.60	17.58	8.28
Julio	14.31	7.45	172.53	7.46	17.25	8.12
Agosto	17.89	9.31	171.76	7.43	17.18	8.09
Septiembre	16.38	8.52	177.81	7.69	17.78	8.37
Octubre	19.25	10.02	190.12	8.22	19.01	8.95
Noviembre	19.11	9.94	194.14	8.39	19.41	9.14
Diciembre	16.12	8.39	185.20	8.01	18.52	8.72

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

El mes de julio, presenta la menor cantidad de emisión de COVs, lo que se atribuye a las condiciones imperantes características de las zonas andinas, temperaturas bajas y escasa precipitación.

Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 211.73 kt/anales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos 2312.67 kt/anales; mientras que los valores más altos se ven reflejados al final de las temporadas lluviosas correspondientes al mes de marzo y noviembre. En el estudio de (Cardona, et al; 2014), sobre las tendencias en las series de precipitación en dos cuencas andinas, donde se analizaron 18 estaciones pluviométricas, que muestran las tendencias, en la zona de estudio, con series históricas de 21 y 56 años; muestran que la precipitación es creciente en todos los índices, cuyos resultados manifiestan una significancia estadística en los meses de marzo-abril y finales e inicios del mes de diciembre; con un promedio anual total mensual de 15,2 mm y 9,1 mm, en las estaciones ubicadas a mayor altura, se presentan disminuciones de los valores referenciales.

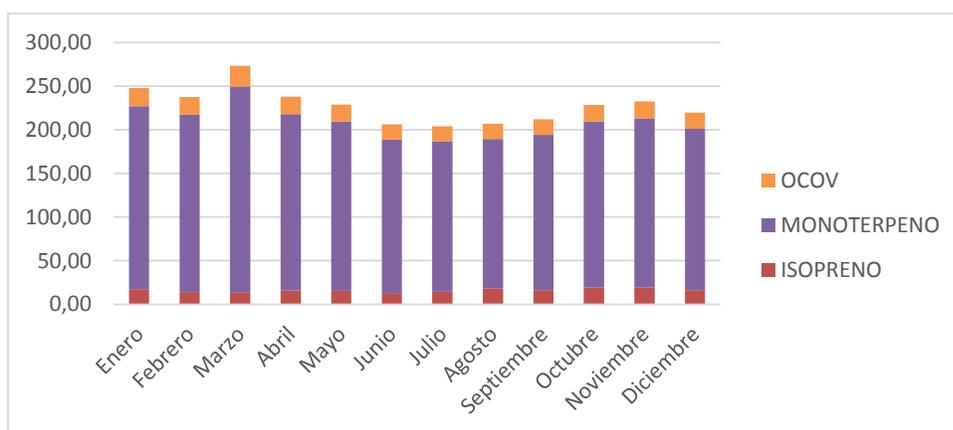


Gráfico 8-3. Variación de los niveles de COVBs mensual para el año 2016.

Realizado por: PÉREZ, Alejandra 2019.

En la tabla 8-3, se muestran los mapas generados para la emisión de COVBs (Isoprenos, Monoterpenos y OCOVs), para el año 1985 y 2016 respectivamente.

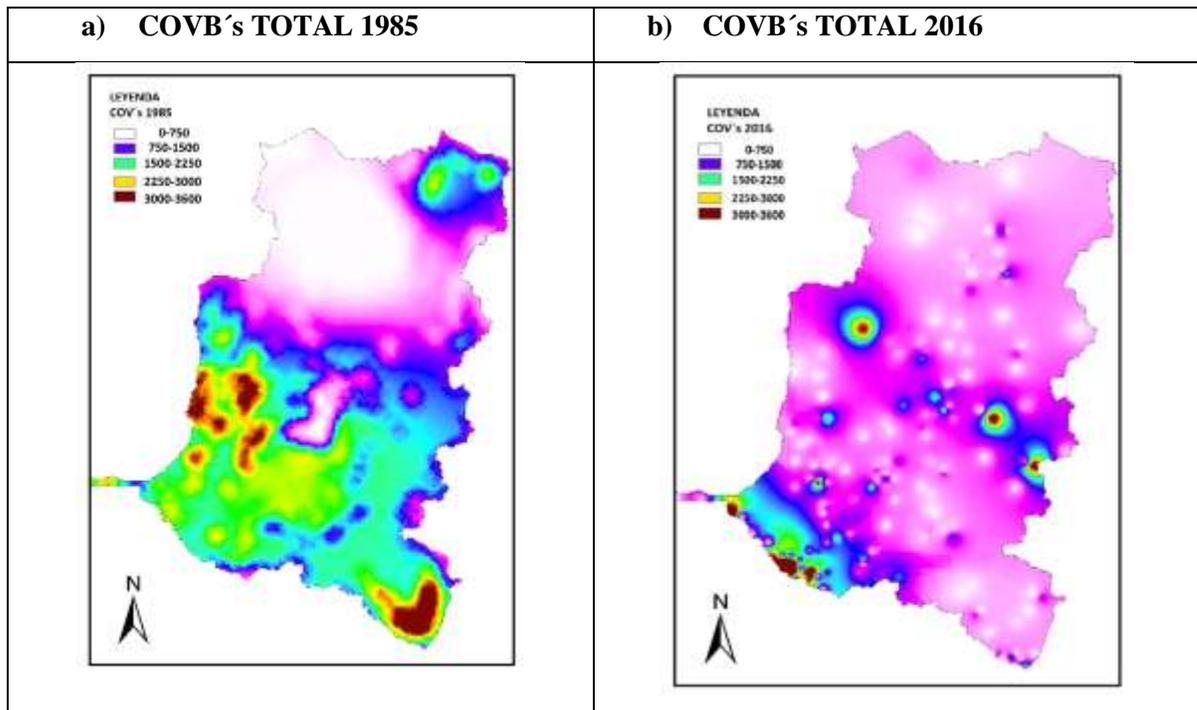
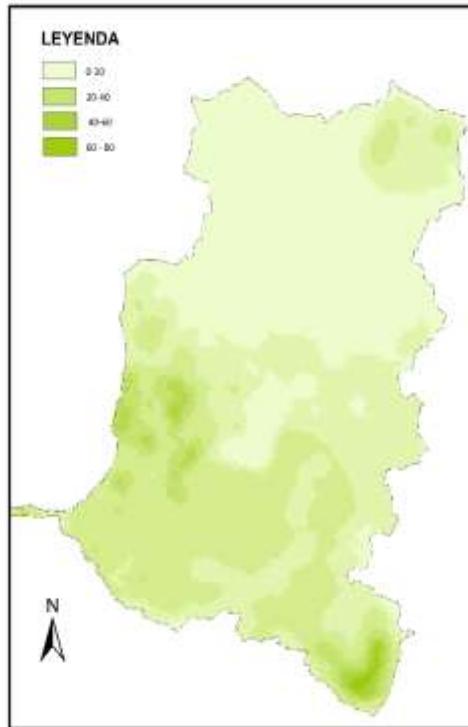
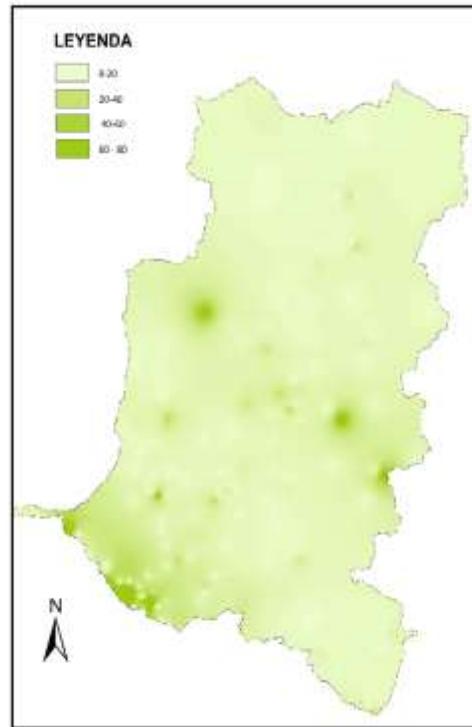


Figura 4-3: Emisión anuales de COVBs (kt/anuales)
 Realizado por: Alejandra Pérez, 2019

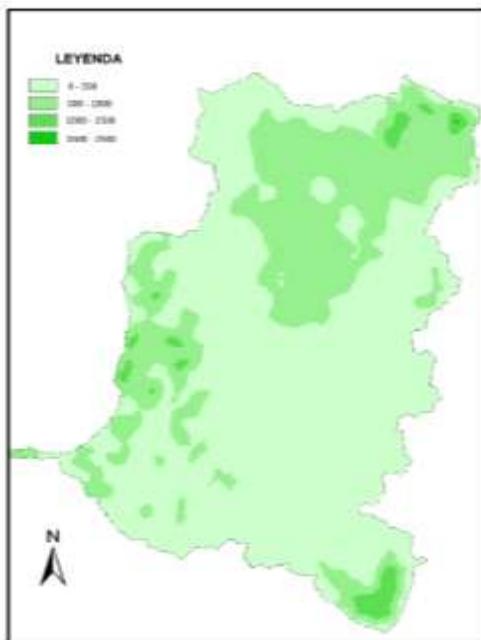
a) ISOPRENOS 1985



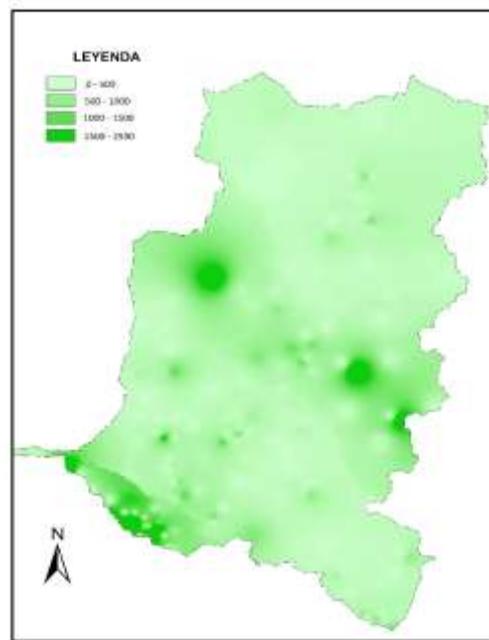
b) ISOPRENOS 2016

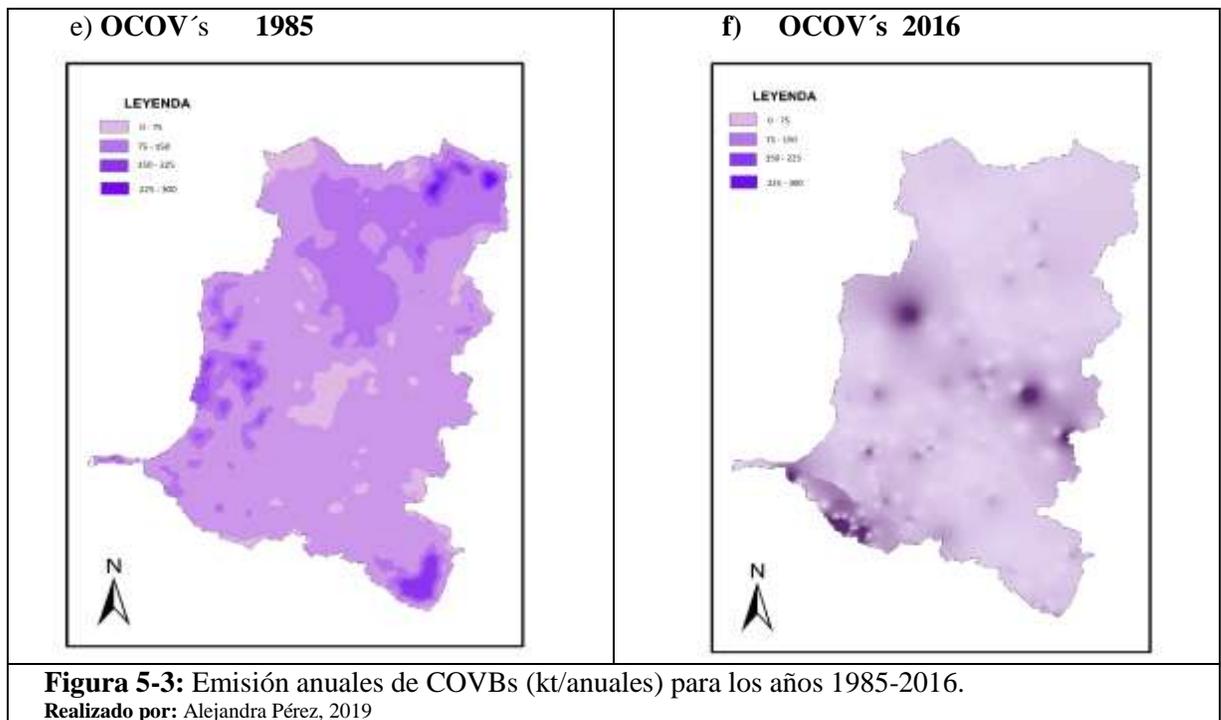


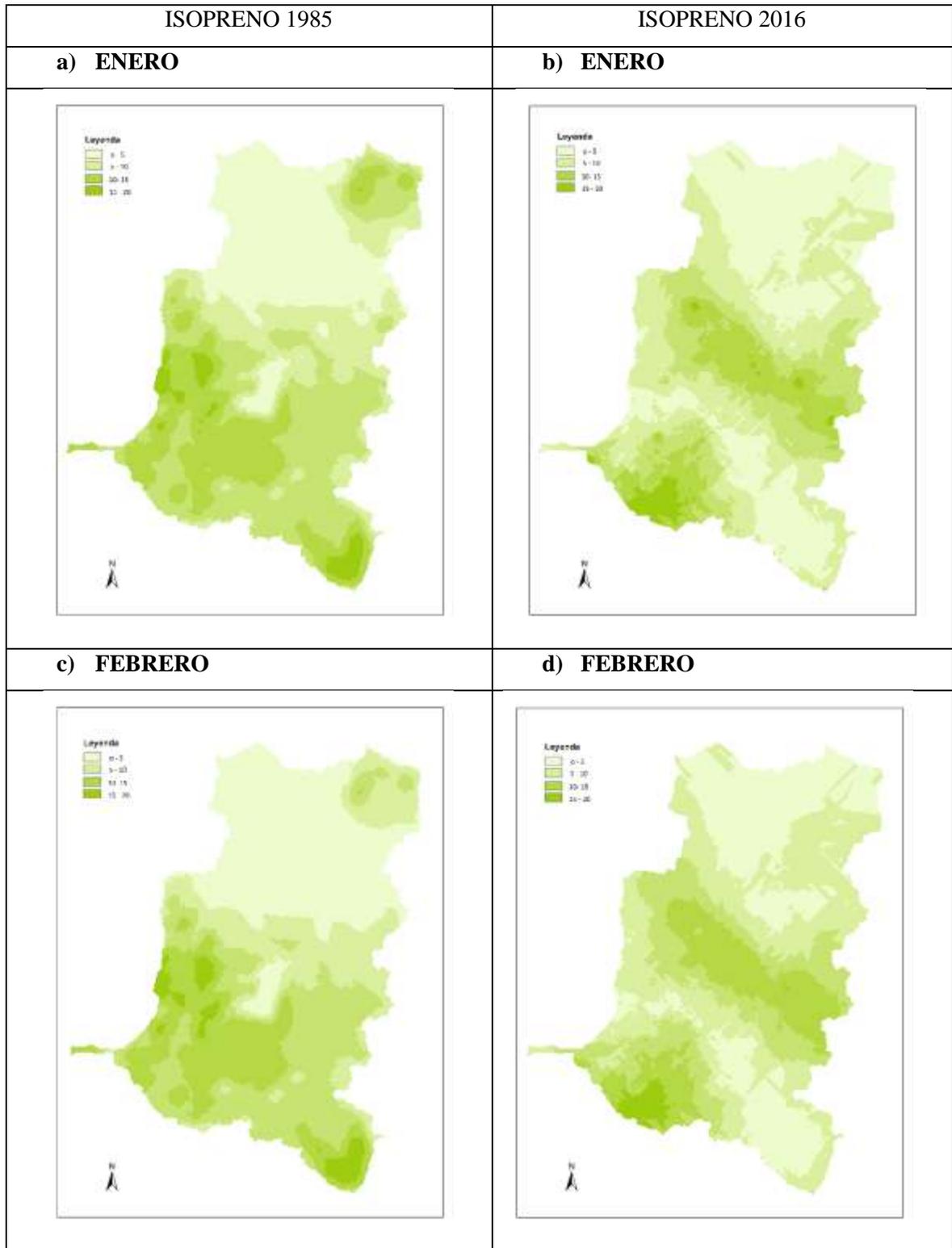
c) MONOTERPENOS 1985

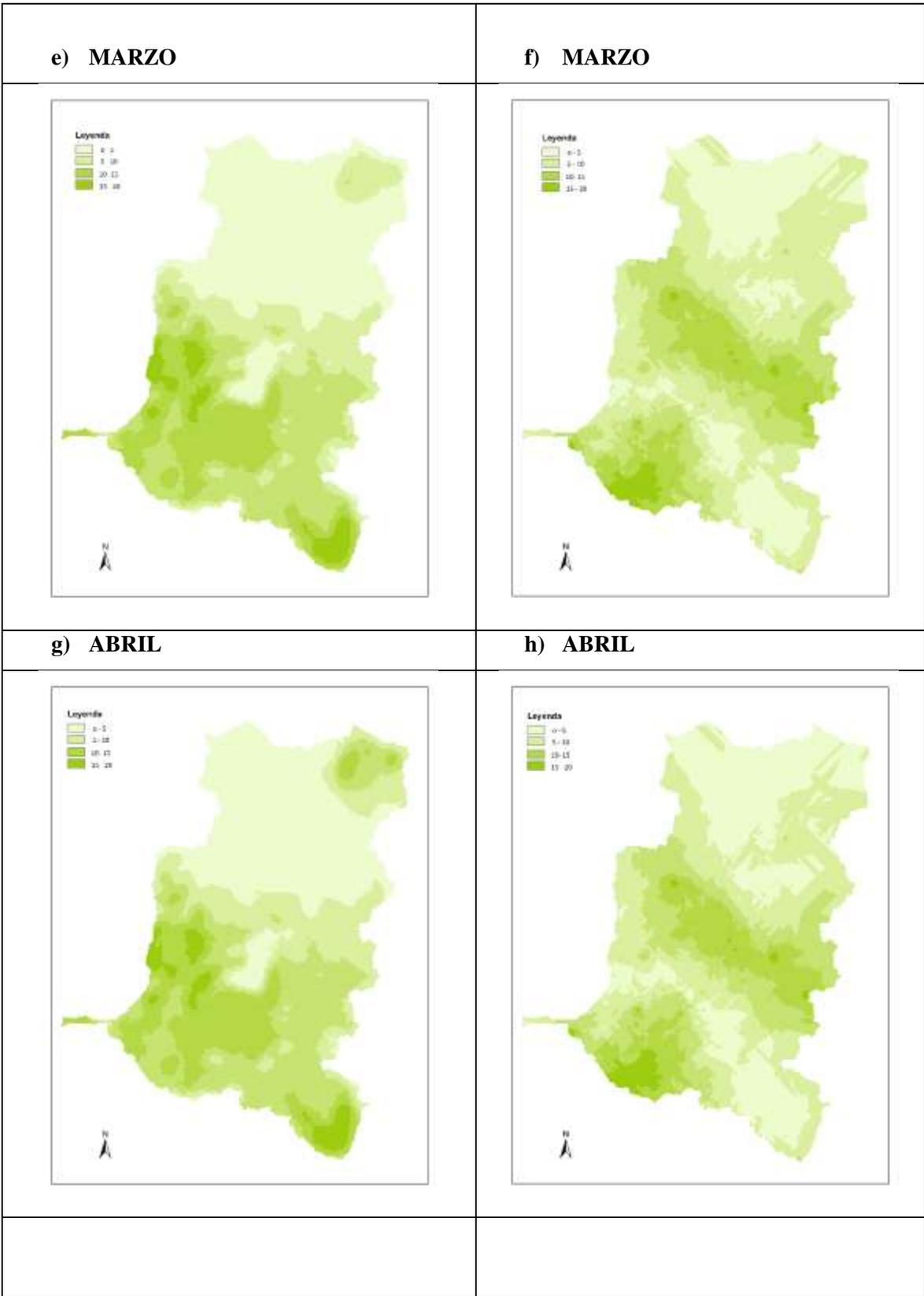


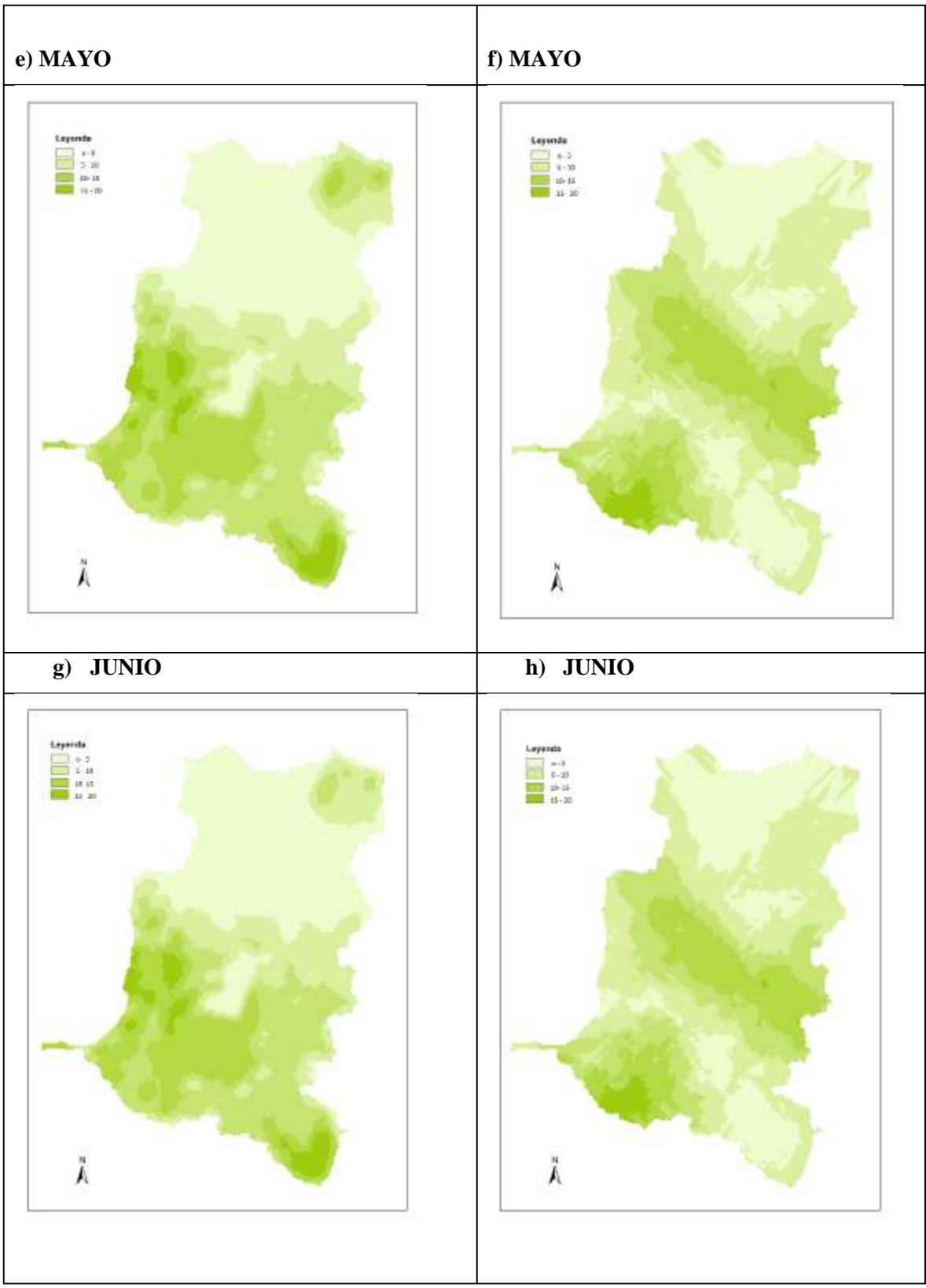
d) MONOTERPENOS 2016

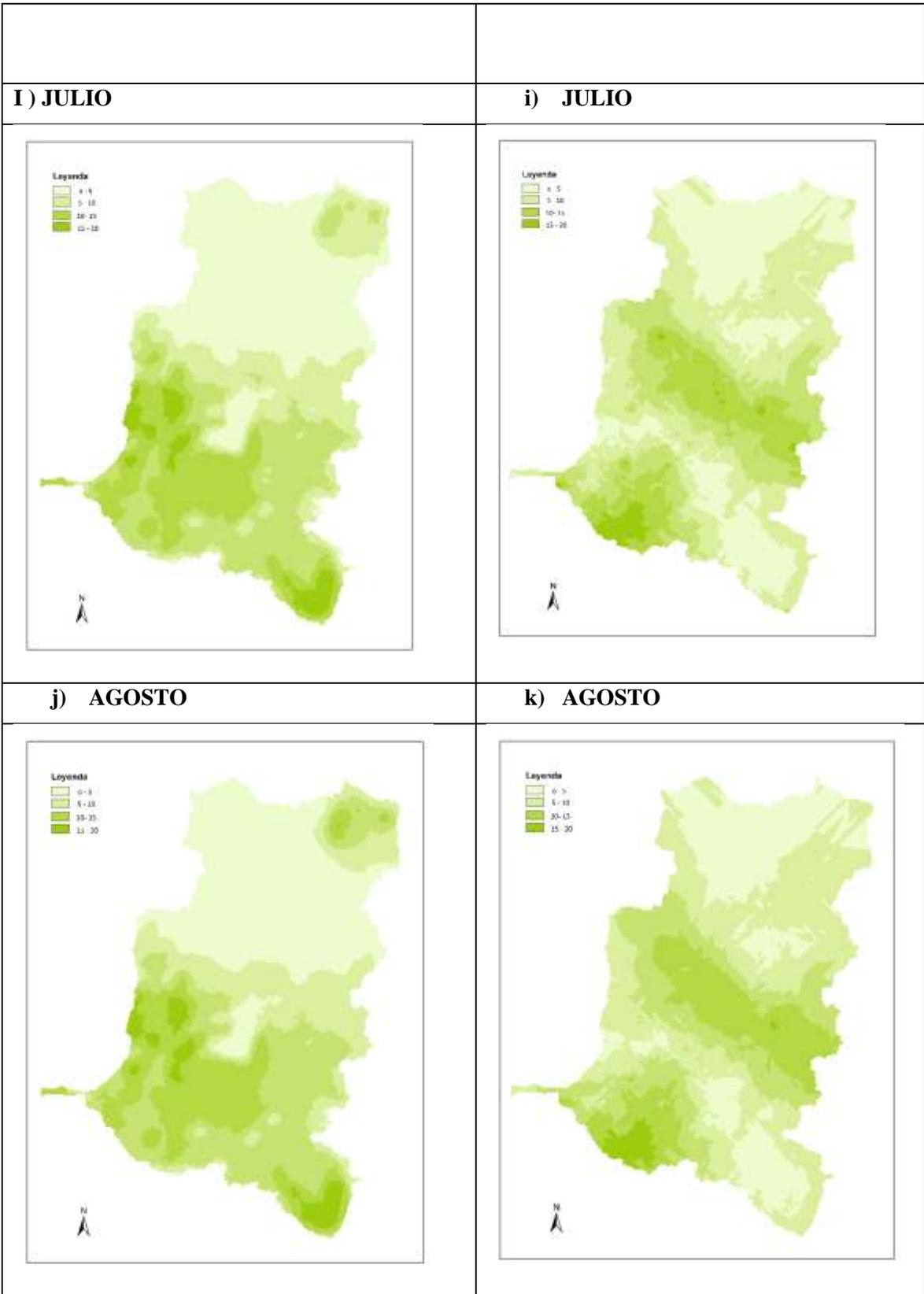




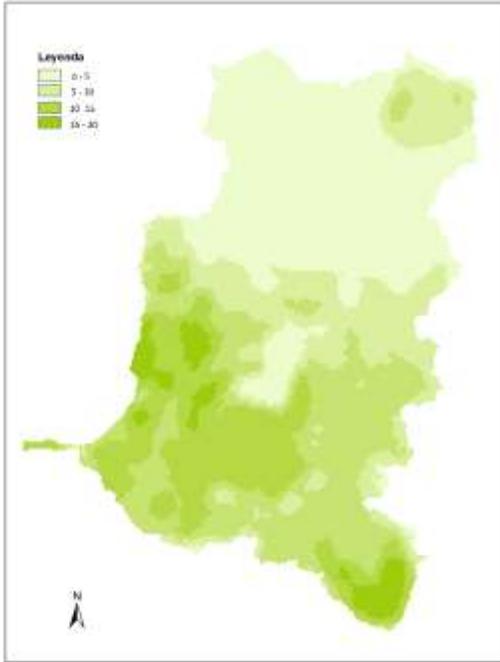




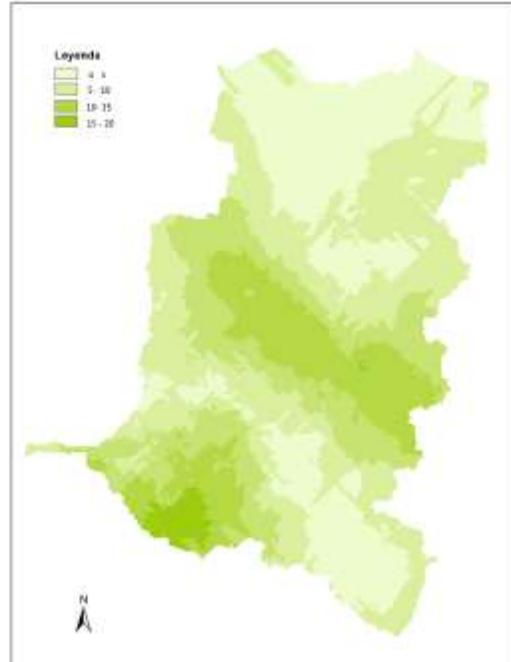




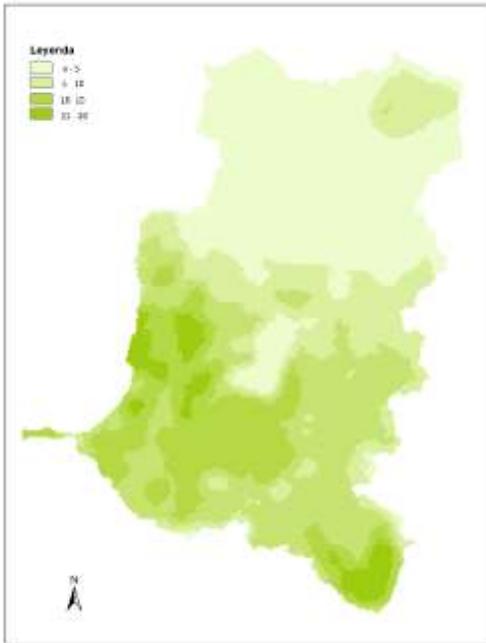
l) SEPTIEMBRE



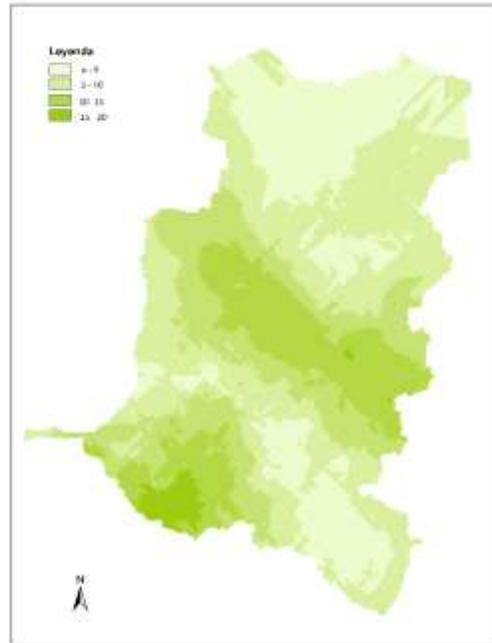
m) SEPTIEMBRE



n) OCTUBRE



o) OCTUBRE



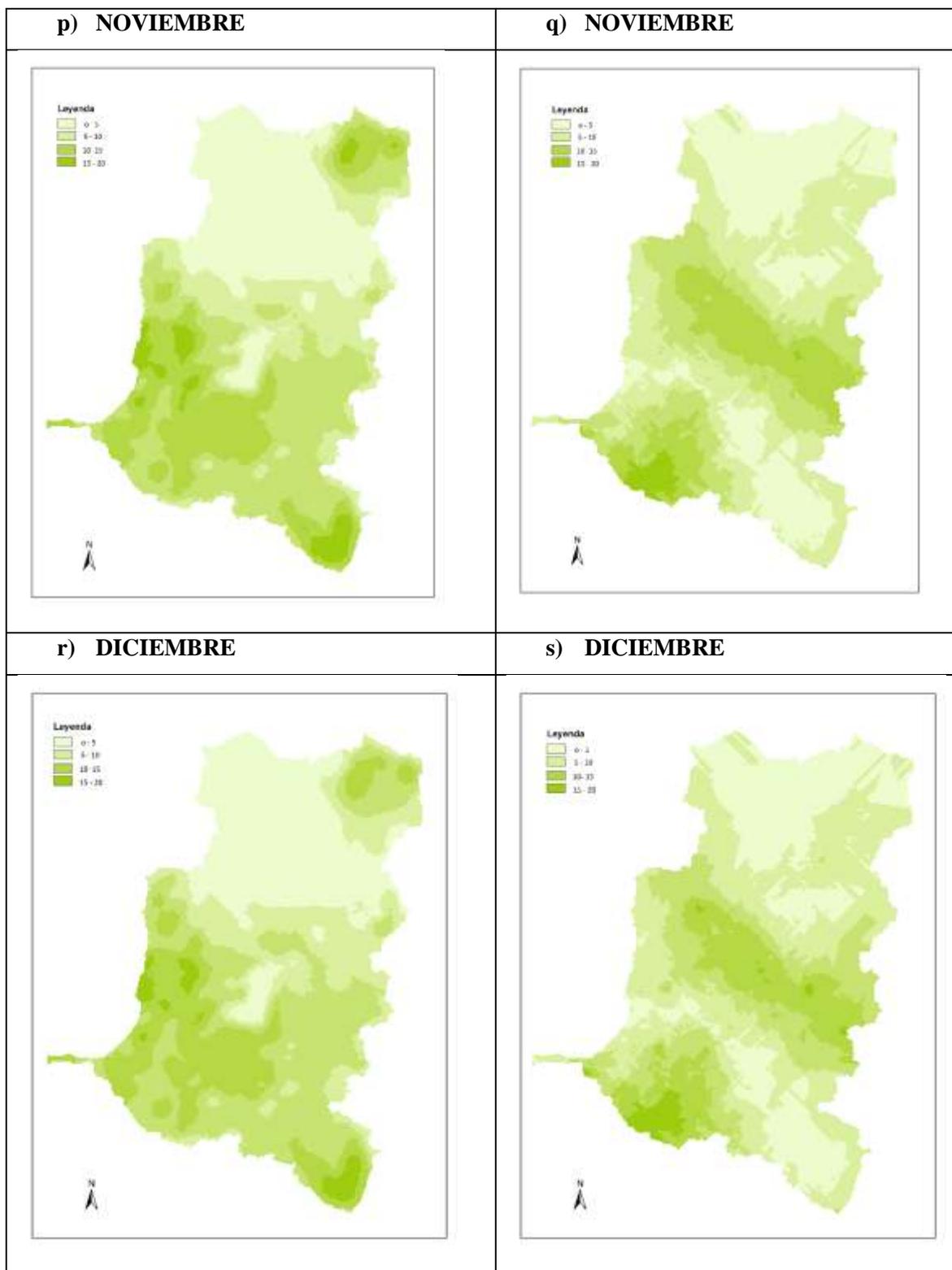
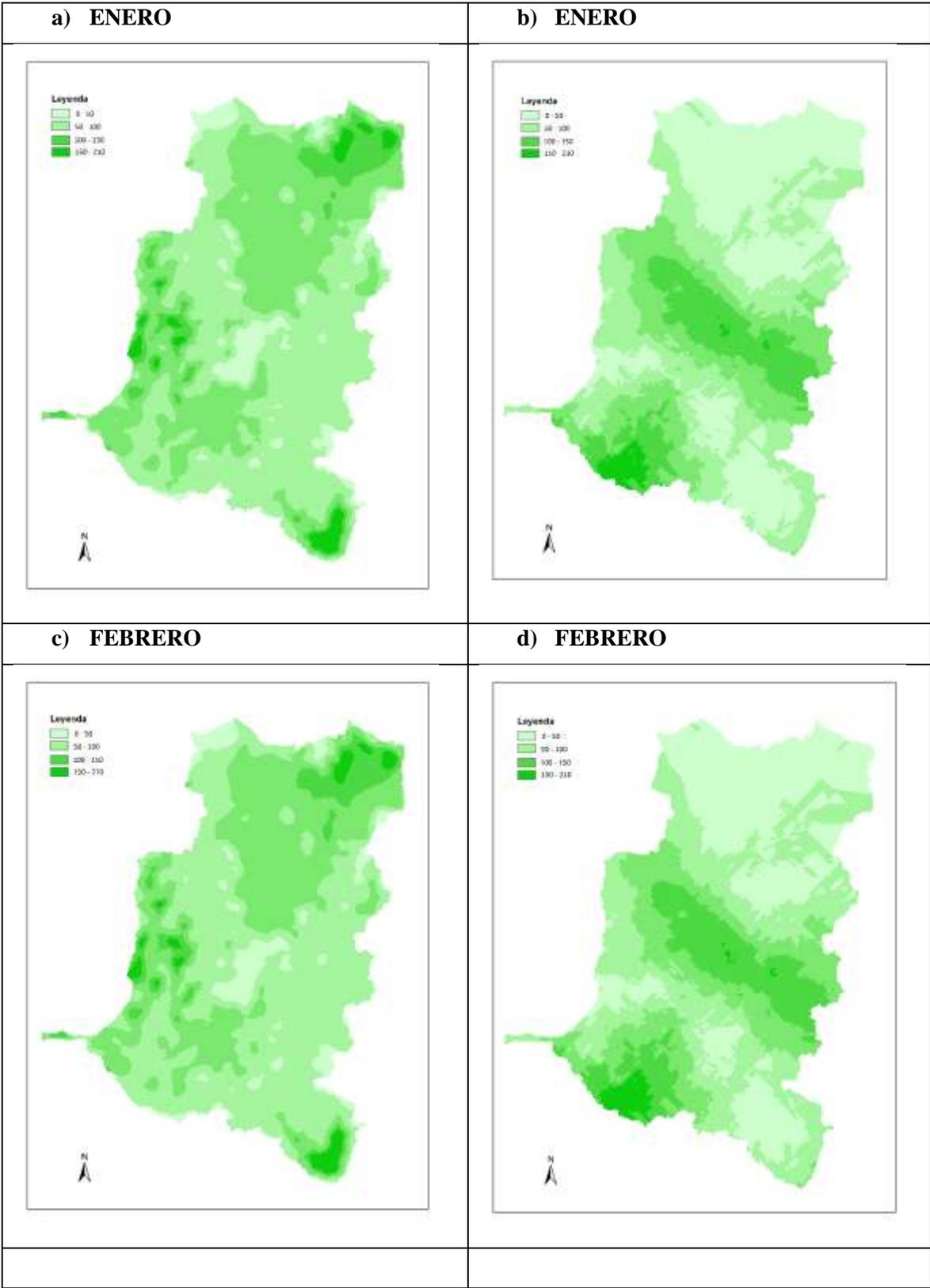
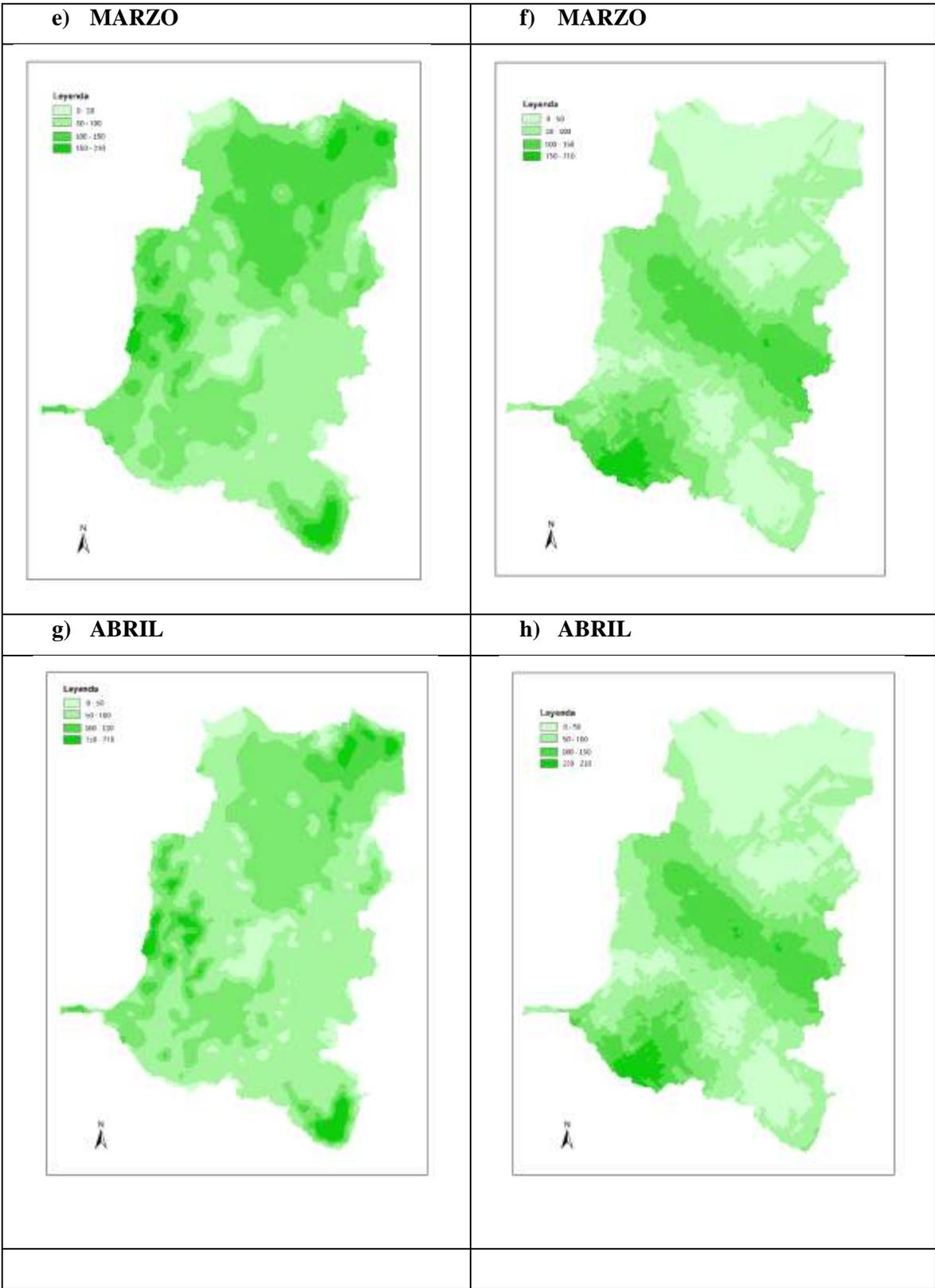
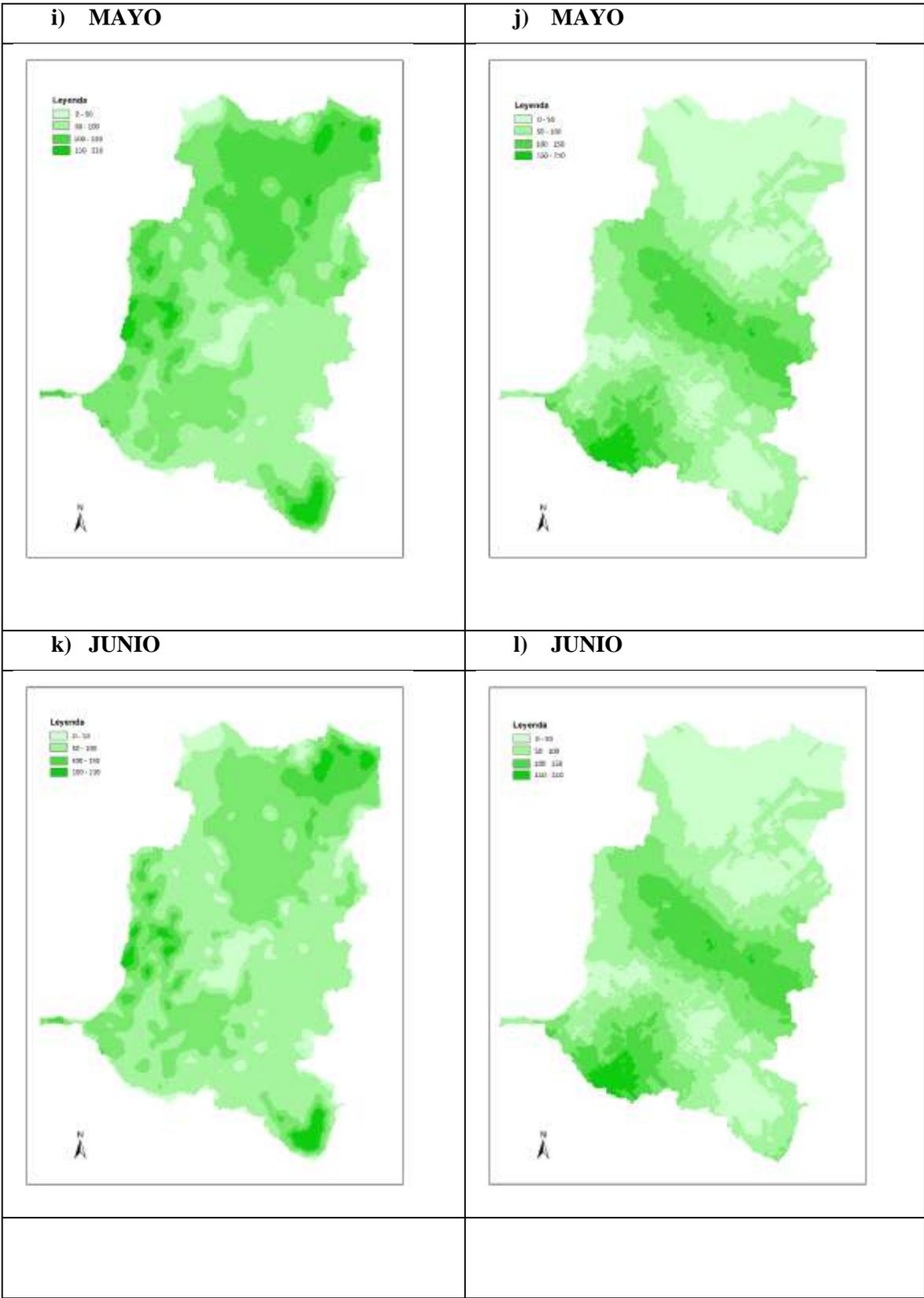


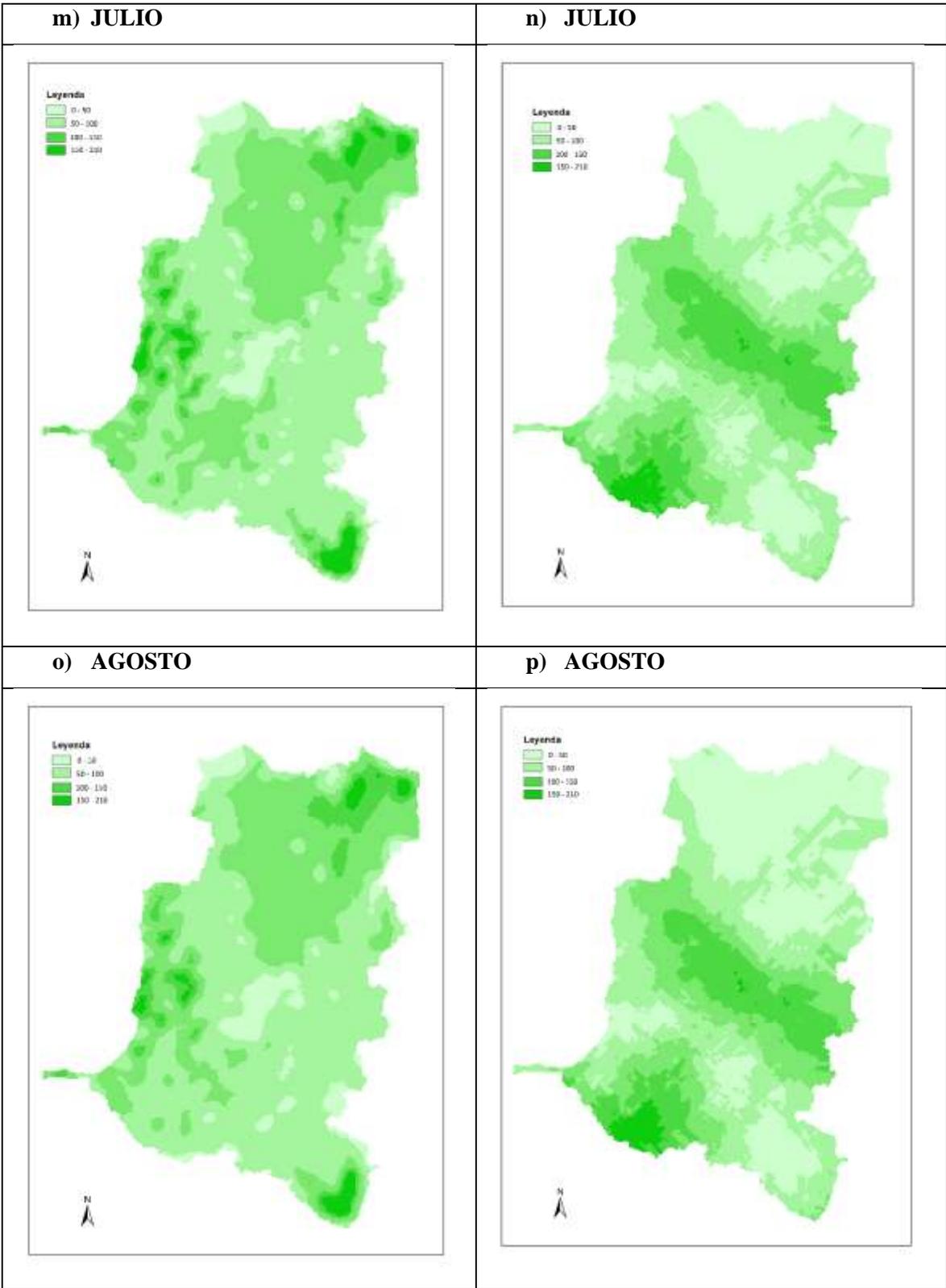
Figura 6-3: Emisión mensuales de Isoprenos (kt/mensuales) para los años 1985-2016.

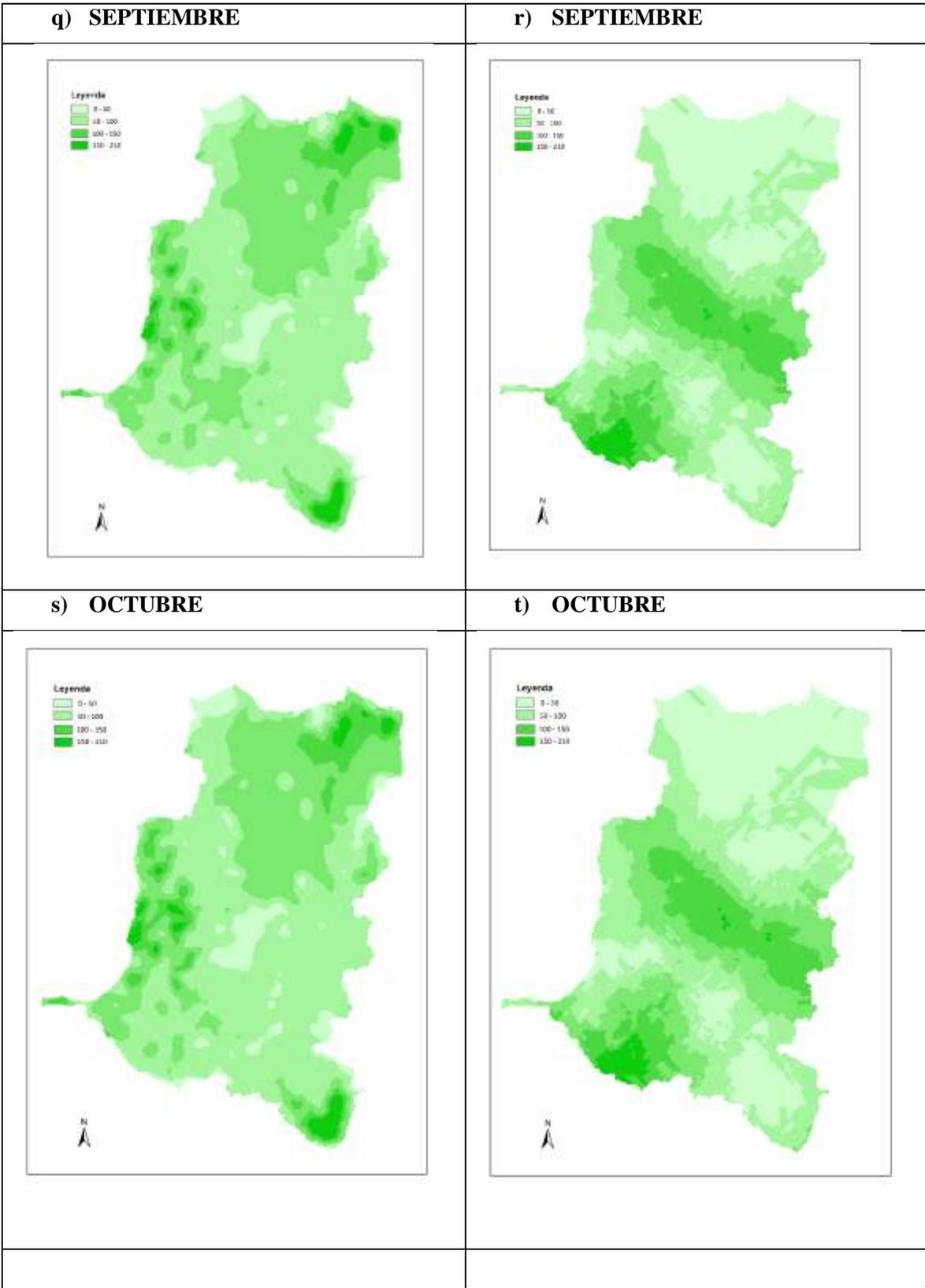
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019











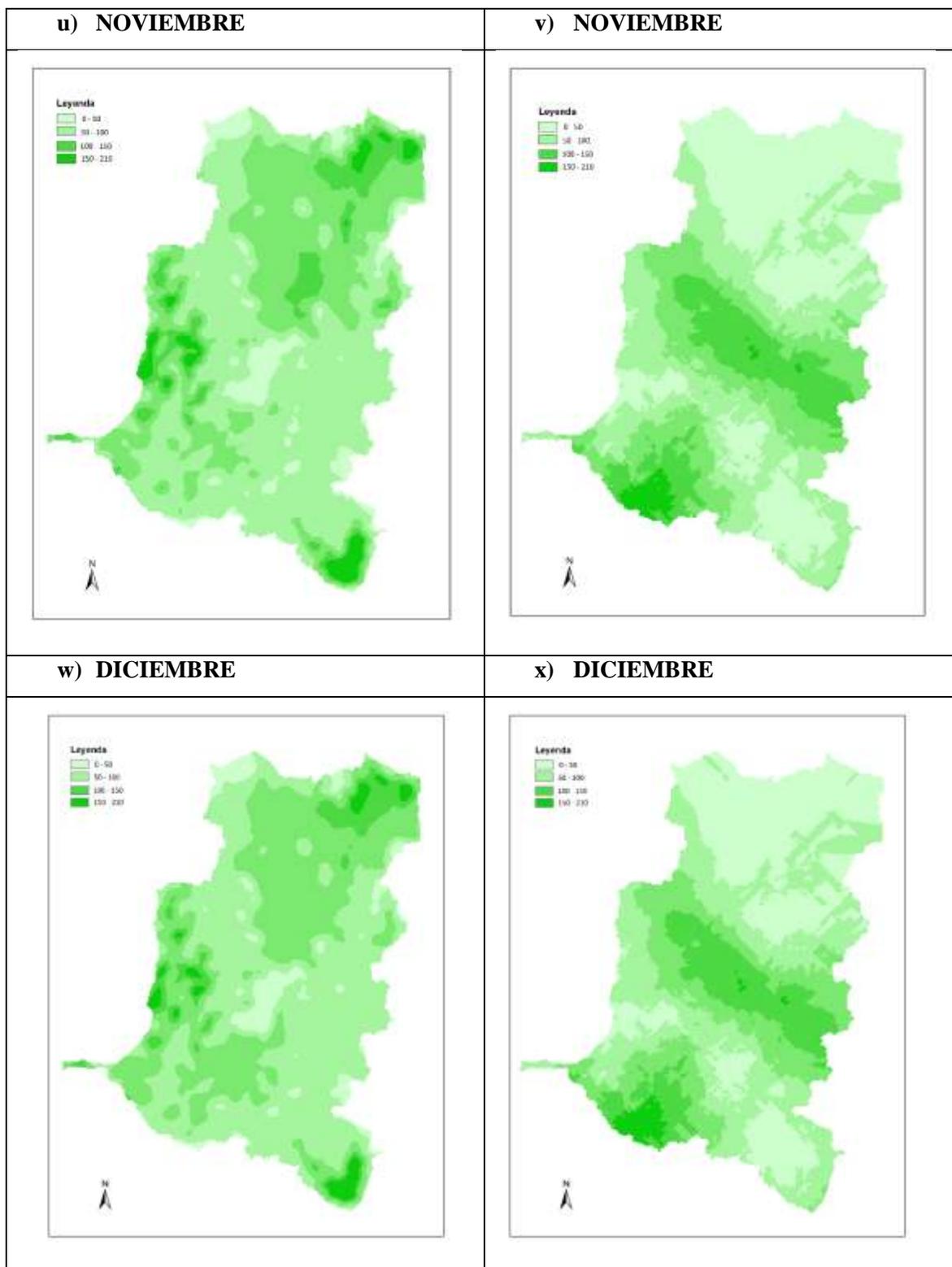
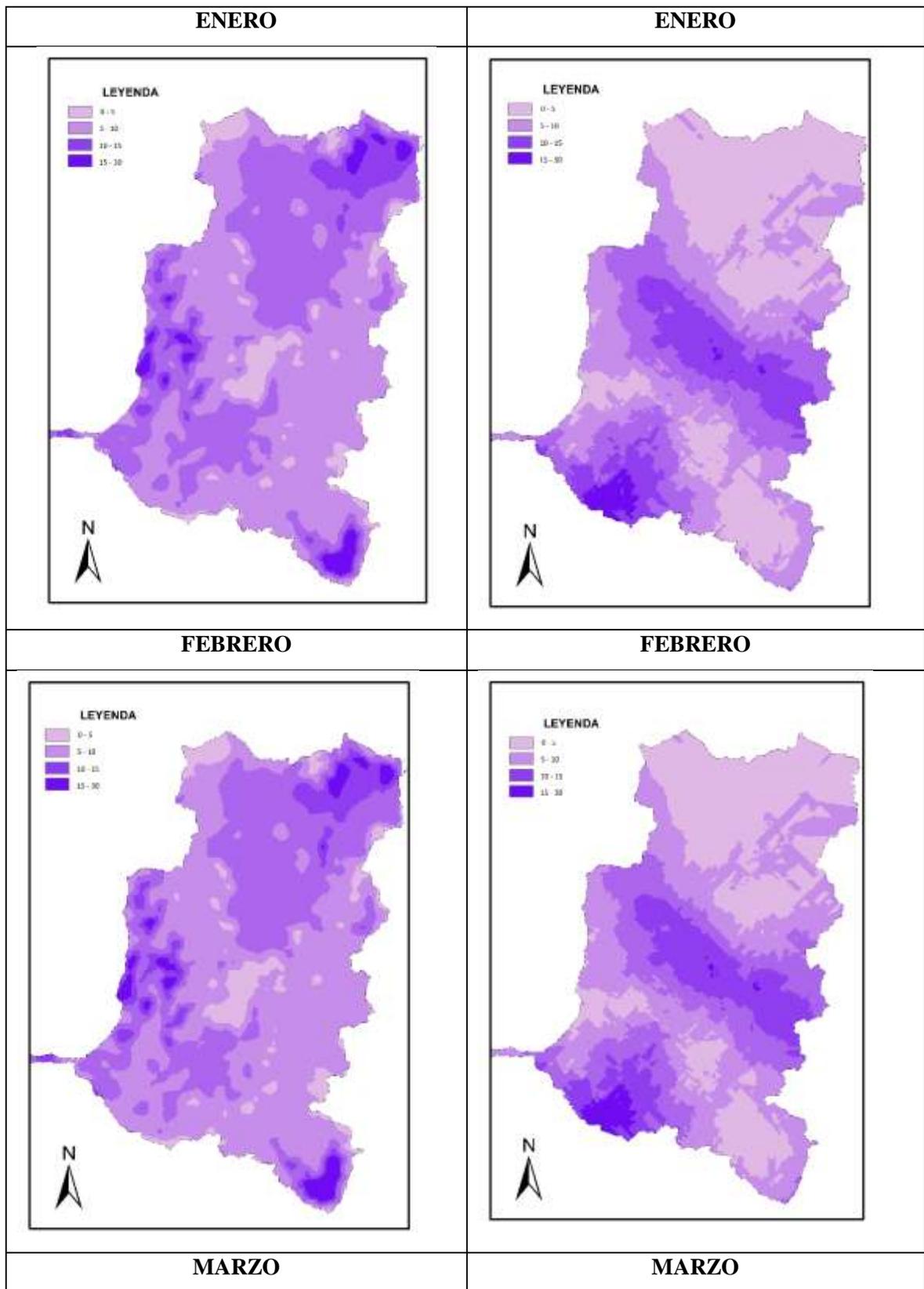
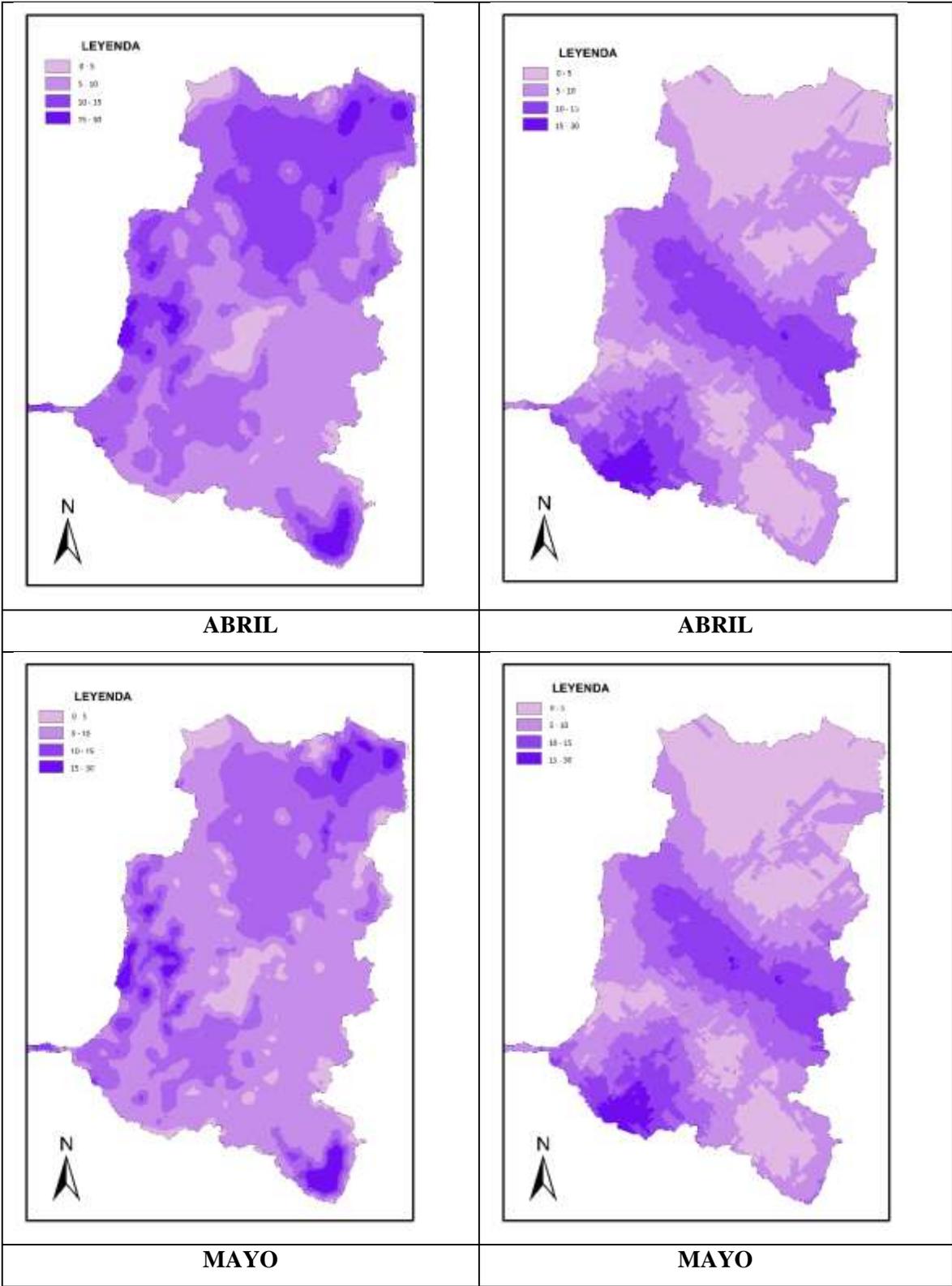
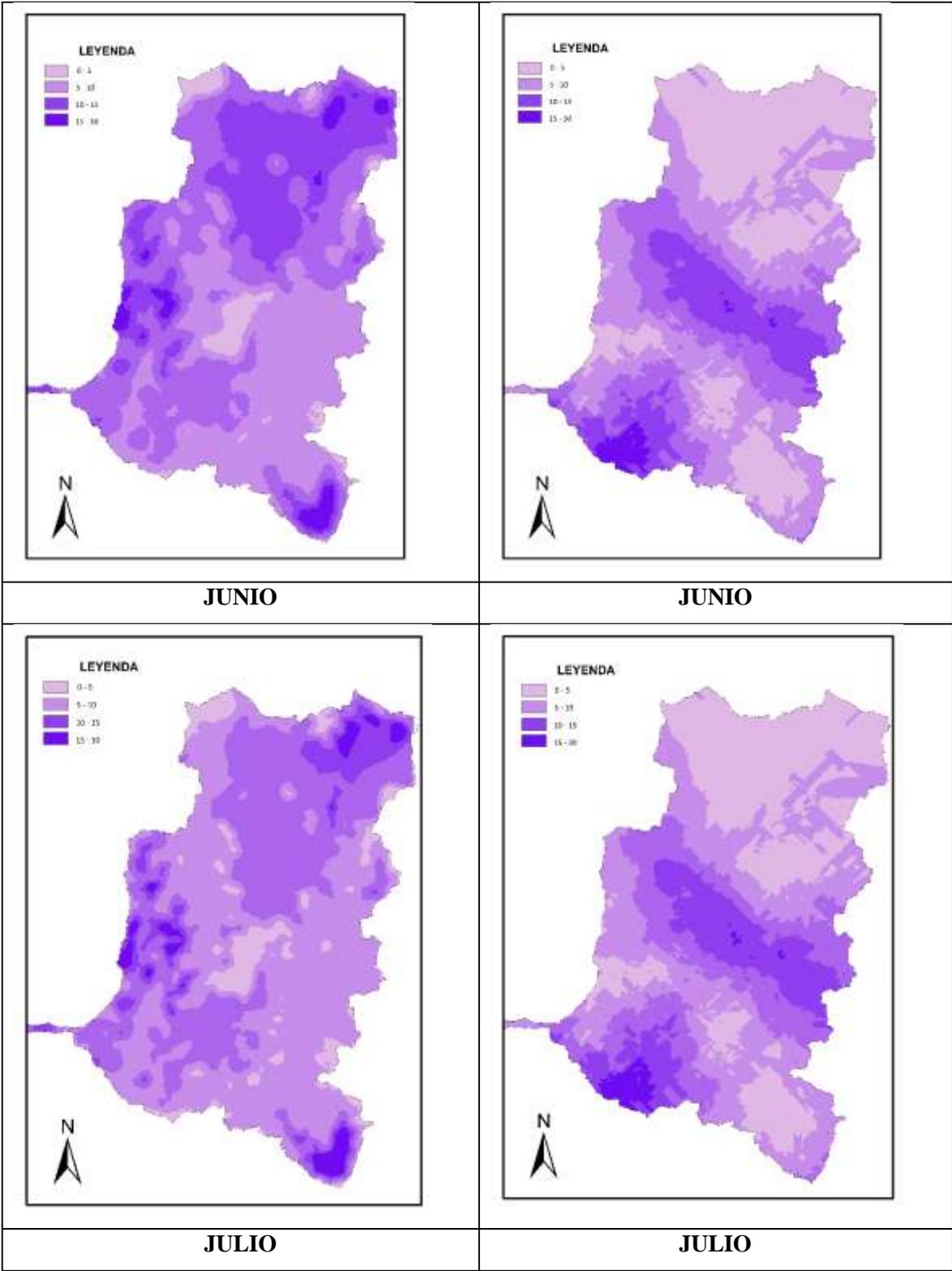
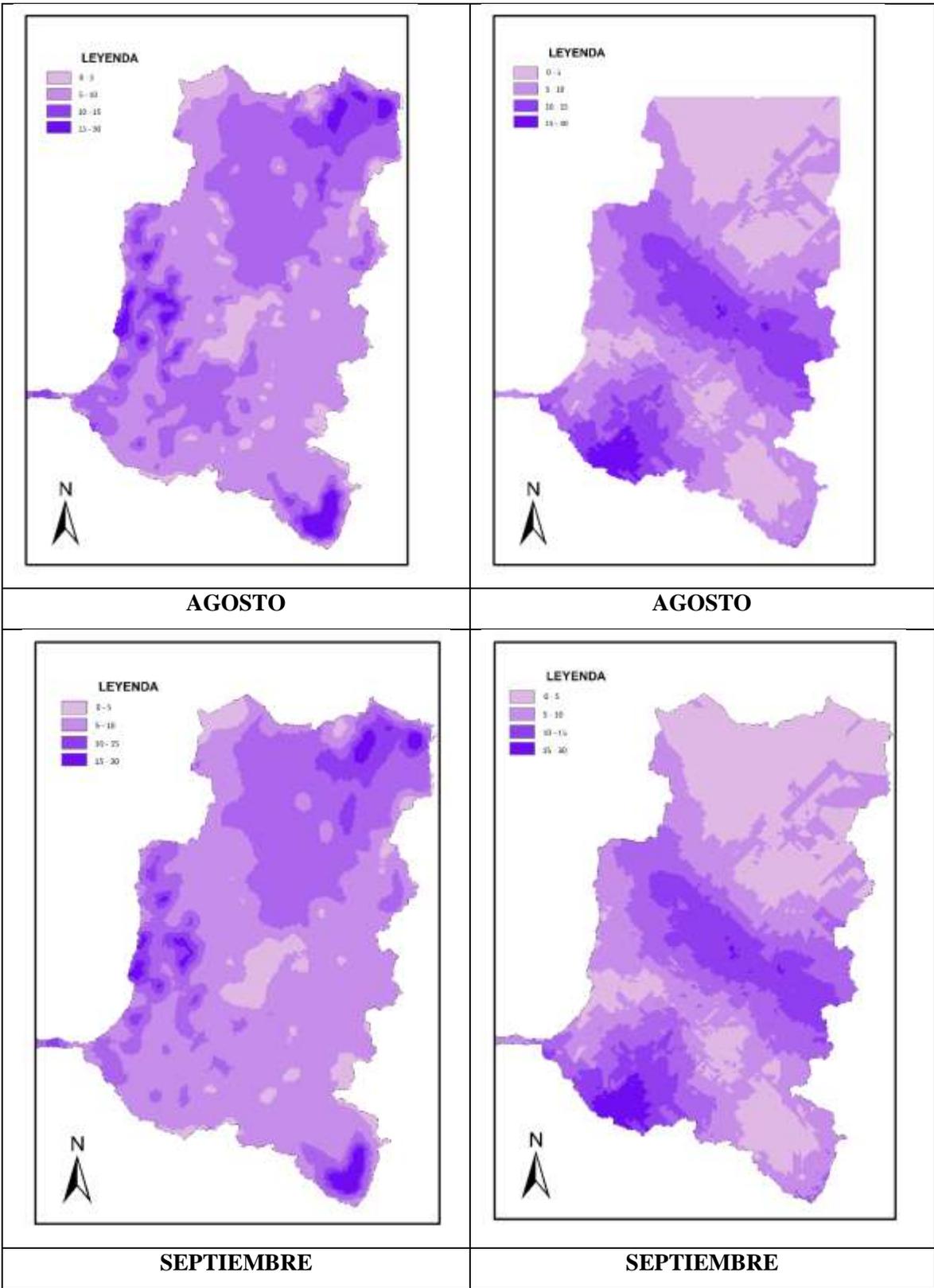


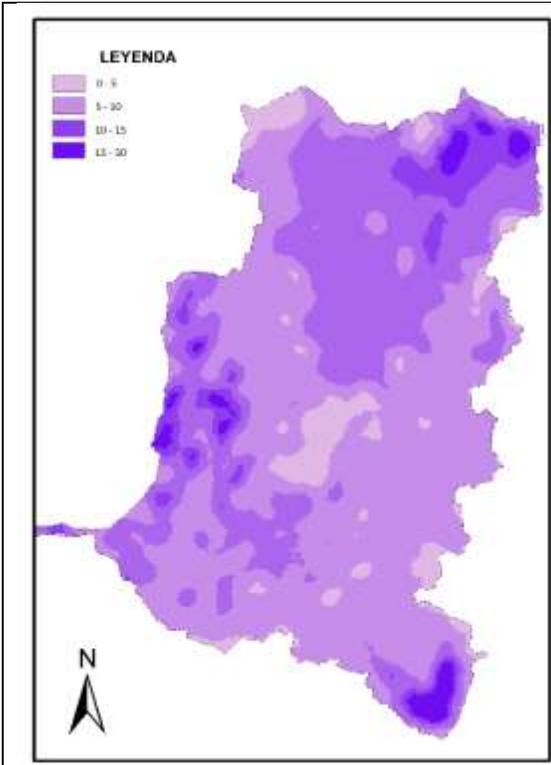
Figura 7-3: Emisión mensuales de Monoterpenos (kt/mensuales) para los años 1985-2016
 Realizado por: Alejandra Pérez, 2019



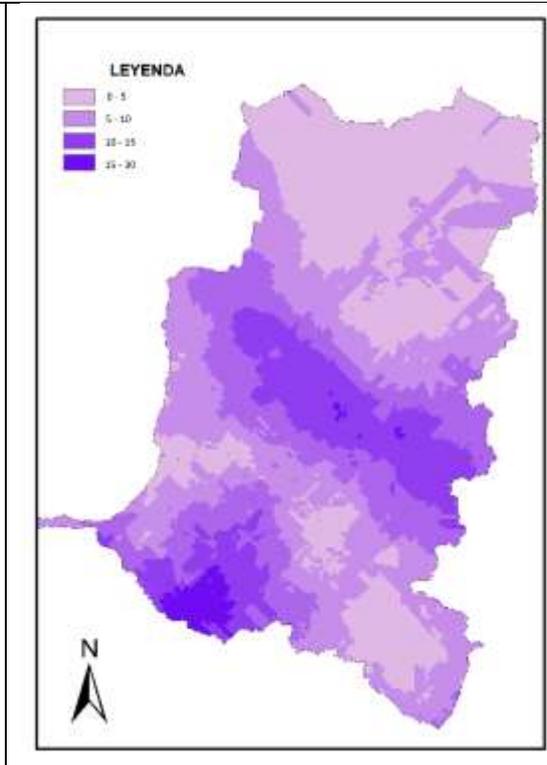




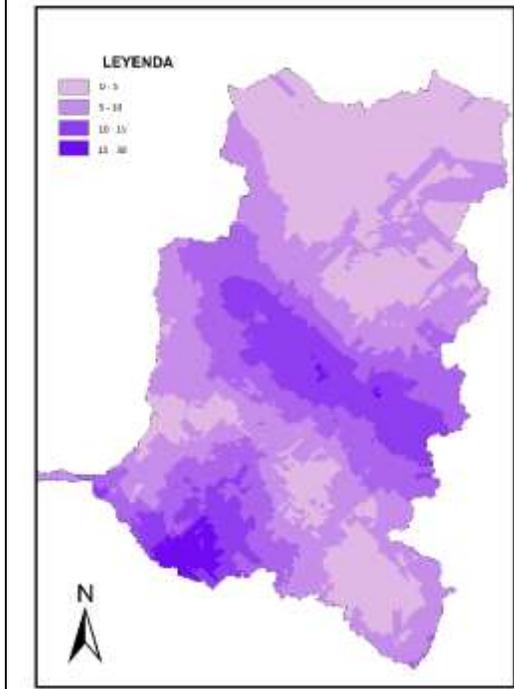
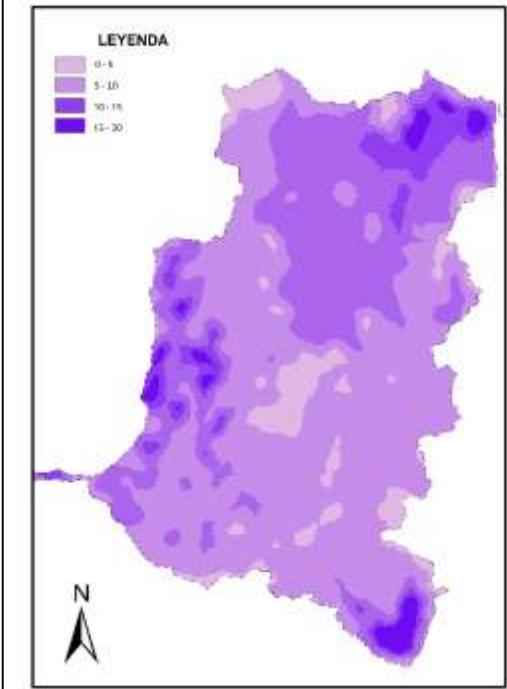




OCTUBRE



OCTUBRE



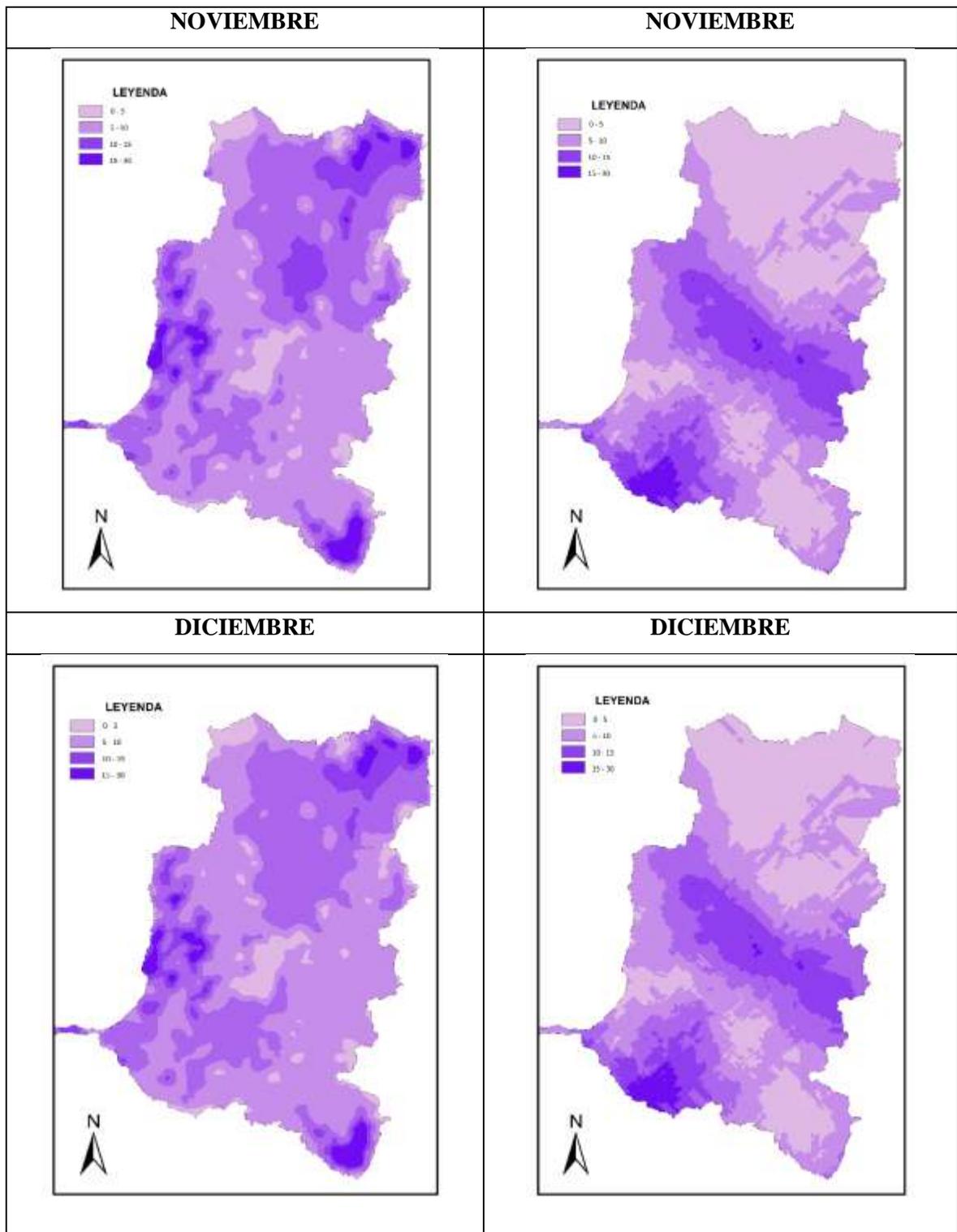


Figura 8-3: Emisión mensuales de Monoterpenos (kt/mensuales) para los años 1985-2016.
 Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

Para el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico para el año 1985 se estimaron un total de 3611.81 kt/anuales; distribuidos de la siguiente manera: Para las emisiones de isopreno se cuantificaron 100.62 kt/anuales, monoterpenos con 3199.92 kt/anuales y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 311.27 kt/anuales. Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 205.94 kt/anuales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos 3199.92kt/anuales; mientras que los valores más altos se ven reflejados al final de las temporadas lluviosas, correspondiente al mes de diciembre y mayo; mientras que el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico para el año 2016. Se estima un total de 2736.13 kt/anuales; distribuidos de la siguiente manera: Para las emisiones de isopreno se cuantificaron 192.19 kt/anuales, monoterpenos con 2312.67 kt/anuales y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 231.27 kt/anuales. El mes de julio, presenta la menor cantidad de emisión de COVs, lo que se atribuye a las condiciones imperantes características de las zonas andinas, temperaturas bajas y escasa precipitación(Tapia, 2016), (Cardona-Guerrero, Ávila-Díaz, Carvajal-Escobar, & Jiménez-Escobar, 2014). Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 211.73 kt/anuales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos 2312.67 kt/anuales; mientras que los valores más altos se ven reflejados al final de las temporadas lluviosas correspondientes al mes de marzo y noviembre (Departamento Forestal E VALUACIÓN DE LOS RECURSOS, 2010).

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Análisis estadístico temperaturas

Tabla 9-3. Coeficiente de correlación estaciones meteorológicas Temperaturas 1985

	Alao	Matus	ESPOCH	Tixán
Alao	1.00			
Matus	0.23	1.00		
ESPOCH	0.13	0.57	1.00	
Tixán	0.31	0.95	0.54	1.00
Evaluación Estadística	Alao	Matus	ESPOCH	Tixán
Media	14.98	18.28	13.86	12.76
Error típico	0.48	0.28	0.34	0.34

Mediana	15.25	18.50	13.80	12.95
Desviación estándar	1.65	0.98	1.16	1.17
Varianza de la muestra	2.71	0.95	1.35	1.38
Curtosis	4.26	1.87	3.49	1.71
Coefficiente de asimetría	-1.84	-1.45	1.25	-1.12
Rango	5.90	3.30	4.60	4.30
Mínimo	10.60	16.00	12.20	10.00
Máximo	16.50	19.30	16.80	14.30
Suma	179.80	219.30	166.30	153.10
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00
Nivel de confianza (95.0%)	1.05	0.62	0.74	0.75

Negrita: correlación media; **Subrayado:** correlación muy fuerte
Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

En el presente análisis de correlación simple, en la tabla 9-3 se puede observar la correlación valorada como muy fuerte en las estaciones Tixán y Matus cuyo valor es de 0.95 y contamos con un nivel de confianza del 95% para los datos.

Tabla 10-3. Coeficiente de correlación estaciones meteorológicas Temperatura 2016.

	Alao	Atillo	Cumandá	ESPOCH	Matus	Multitud	Quimiag	San Juan	Tixán	Tunshi	Urbina
Alao	1										
Atillo	<u>0.94</u>	1.00									
Cumandá	-0.34	-0.38	1.00								
ESPOCH	0.88	0.87	-0.58	1.00							
Matus	<u>0.95</u>	0.94	-0.40	<u>0.95</u>	1.00						
Multitud	0.36	0.39	-0.34	0.31	0.29	1.00					
Quimiag	<u>0.88</u>	<u>0.91</u>	-0.53	<u>0.99</u>	<u>0.97</u>	0.29	1.00				
San Juan	0.68	0.71	-0.19	0.63	0.68	-0.02	0.65	1.00			
Tixán	0.73	0.74	-0.60	0.74	0.67	0.64	0.70	0.30	1.00		
Tunshi	0.79	0.86	-0.67	<u>0.97</u>	<u>0.90</u>	0.36	<u>0.97</u>	0.61	0.72	1.00	

Urbina	0.93	<u>0.95</u>	-0.45	<u>0.91</u>	<u>0.96</u>	0.38	<u>0.93</u>	0.70	0.74	<u>0.88</u>	1.00
Evaluación Estadística	Alao	Atillo	Cumandá	ESPOCH	Matus	Multitud	Quimiag	San Juan	Tixán	Tunshi	Urbina
Media	11.45	8.28	22.44	13.99	13.02	15.78	13.29	10.46	8.97	13.70	7.80
Error típico	0.28	0.26	0.41	0.32	0.28	0.13	0.29	0.66	0.21	0.31	0.32
Mediana	11.61	8.46	22.58	14.10	13.36	15.94	13.51	11.14	8.78	13.84	7.82
Desviación estándar	0.97	0.90	1.42	1.10	0.97	0.44	1.01	2.28	0.72	1.09	1.11
Varianza de la muestra	0.94	0.81	2.02	1.21	0.94	0.19	1.02	5.20	0.52	1.18	1.24
Curtosis	-1.27	-1.43	2.33	-0.54	-1.44	2.02	-0.82	7.97	-1.45	0.40	-1.40
Coefficiente de asimetría	-0.12	-0.26	-1.19	0.00	-0.63	-1.56	-0.23	-2.67	0.38	0.45	-0.03
Rango	2.81	2.57	5.30	3.63	2.52	1.47	3.30	8.26	1.89	3.86	3.17
Mínimo	10.19	7.00	19.00	12.37	11.48	14.72	11.70	3.74	8.11	12.14	6.33
Máximo	13.00	9.57	24.30	16.00	14.00	16.19	15.00	12.00	10.00	16.00	9.50
Suma	137.4 1	99.32	269.3 1	167.88	156.2 7	189.3 4	159.4 5	125.5 4	107.6 2	164.4 2	93.57
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Nivel de confianza (95.0%)	0.61	0.57	0.90	0.70	0.62	0.28	0.64	1.45	0.46	0.69	0.71

Subrayado: correlación muy fuerte

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

En el presente análisis de correlación simple, en la tabla 10-3 se puede observar la única correlación valorada como muy fuerte en las estaciones Atillo, Alao, Matus, Quimiag, ESPOCH y Urbina cuyo valor es superior a 0.9, lo que se relaciona con una alta temperatura relacionada con el rango altitudinal.

3.5.2. *Análisis estadístico Radiación*

Tabla 11-3. Coeficiente de la correlación estaciones meteorológicas radiación 1985.

	Alao	Matus	ESPOCH	Tixán
Alao	1.00			
Matus	0.17	1.00		

ESPOCH	-0.36	0.17	1.00	
Tixán	0.32	0.81	0.00	1.00
Evaluación Estadística	Alao	Matus	ESPOCH	Tixán
Media	74.13	118.63	5.70	144.76
Error típico	5.19	12.72	0.19	9.56
Mediana	74.00	101.25	5.55	137.90
Desviación estándar	17.98	44.08	0.67	33.12
Varianza de la muestra	323.39	1942.67	0.45	1096.74
Curtosis	-0.13	0.69	0.17	1.83
Coefficiente de asimetría	0.08	1.36	0.75	0.91
Rango	64.00	135.70	2.20	130.50
Mínimo	44.00	79.50	4.90	89.80
Máximo	108.00	215.20	7.10	220.30
Suma	889.50	1423.60	68.40	1737.10
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00
Nivel de confianza (95.0%)	11.43	28.00	0.42	21.04

Subrayado: correlación muy fuerte.

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

En el presente análisis de correlación simple, en la tabla 11-3 se puede observar la única correlación valorada como muy fuerte en las estaciones Matus y Tixán cuyo valor es de 0.81, lo que relacionan una alta radiación relacionada con el rango altitudinal y la vegetación predominante que se encuentran en las zonas mencionadas (Merino, C. 2016).

Tabla 12-3. Coeficiente de correlación estaciones meteorológicas radiación 2016.

	Alao	Atillo	Cumandá	ESPOCH	Matus	Multitud	Quimiag	San Juan	Tixán	Tunshi	Urbina
Alao	1.00										
Atillo	0.70	1.00									
Cumandá	-0.17	-0.02	1.00								
ESPOCH	0.16	0.12	-0.20	1.00							
Matus	0.83	0.89	-0.22	0.28	1.00						

Multitud	0.37	0.30	-0.20	0.64	0.48	1.00					
Quimiag	0.71	0.84	-0.17	0.14	0.94	0.48	1.00				
San Juan	0.74	0.86	-0.33	0.32	0.94	0.58	0.89	1.00			
Tixán	0.38	0.11	-0.22	0.48	0.45	0.87	0.49	0.50	1.00		
Tunshi	0.77	0.85	-0.28	0.32	0.97	0.63	0.95	0.96	0.58	1.00	
Urbina	0.59	0.70	0.11	0.11	0.64	0.51	0.65	0.61	0.37	0.70	1.00
Evaluación Estadística	Alao	Atillo	Cumandá	ESPOCH	Matus	Multitud	Quimiag	San Juan	Tixán	Tunshi	Urbina
Media	182.97	180.32	116.75	217.42	203.62	77.52	200.14	177.17	213.76	223.40	184.90
Error típico	9.27	11.29	4.06	8.98	8.24	8.94	8.20	5.92	7.24	6.79	9.17
Mediana	185.51	182.06	121.00	226.17	210.94	72.70	201.86	178.81	205.23	225.94	179.51
Desviación estándar	32.11	39.11	14.07	31.11	28.56	30.98	28.42	20.51	25.07	23.51	31.78
Varianza de la muestra	1030.7 4	1529.4 6	197.83	967.69	815.54	959.9 6	807.56	420.69	628.61	552.66	1010.0 8
Curtosis	-1.01	-1.46	-0.47	2.79	-0.66	-0.48	-1.26	-1.17	0.54	-0.98	-0.74
Coefficiente de asimetría	-0.26	0.07	-0.38	-1.50	-0.45	0.89	-0.08	0.09	0.95	-0.18	0.40
Rango	100.30	110.32	46.96	113.32	88.11	88.33	83.61	62.62	85.40	75.20	98.83
Mínimo	126.34	125.89	93.62	139.26	151.85	44.06	159.12	148.51	183.18	183.89	137.23
Máximo	226.64	236.21	140.58	252.58	239.96	132.3 9	242.73	211.13	268.58	259.09	236.06
Suma	2195.5 9	2163.8 6	1401.0 2	2609.0 8	2443.4 4	930.2 0	2401.7 3	2126.0 2	2565.0 8	2680.8 2	2218.7 7
Cuenta	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Nivel de confianza (95.0%)	20.40	24.85	8.94	19.76	18.14	19.69	18.06	13.03	15.93	14.94	20.19

Subrayado: correlación muy fuerte

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

En el presente análisis de correlación simple, en la tabla 12-3 se puede observar la única correlación valorada como muy fuerte en las estaciones Matus, Quimiag, San Juan y Tunshi cuyo valor es superior a 0.9, lo que se relaciona con una alta radiación relacionada con el rango altitudinal ya que a mayor altitud la capa atmosférica se vuelve más estrecha, por ende absorbe una minúscula proporción de radiación solar; el tipo vegetación predominante de la superficies también tiene mucho que ver ya que reflejan la radiación en desigual medida; por ejemplo, la nieve reciente reflejar un 80% de la radiación; la arena seca de la playa un 15%, y la espuma del agua del mar un 25% (Paritarios, 2017).

3.5.3. *Análisis estadístico para compuestos orgánicos volátiles biogénicos.*

Tabla 13-3. Correlación de los compuestos volátiles mensuales de los años 1985-2016.

VARIABLES	ISOPRENO 85	MONOTERPENO 85	OCOV 85	ISOPRENO 16	MONOTERPENO 16	OCOV 16
ISOPRENO 85	1					
MONOTERPENO 85	0.70	1				
OCOV 85	0.21	0.65	1			
ISOPRENO 16	0.25	0.15	-0.03	1		
MONOTERPENO 16	0.14	0.56	0.21	-0.18	1	
OCOV 16	0.14	0.56	0.21	-0.18	0.23	1

Negrita: correlación media; **Subrayado:** correlación muy fuerte

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

Para el análisis estadístico temporal se determinó el coeficiente de correlación, determinando un valor de 0.75 como una fuerte correlación, de esta manera se estima en la matriz de correlación media entre los isoprenos/monoterpenos en el año 1985, sin embargo entre las tres décadas no se observa un nivel de correlación representativo lo que nos indica que estos valores no tienen una proporcionalidad similar. Esto se debe a que el incremento de las emisiones cambia la concentración, en el caso de regiones remotas y zonas de gran altitud, estas emisiones pueden provocar variabilidad en la concentración de estos compuestos y un descenso en la concentración en la atmosfera (Kirchner, 2009); en un estudio realizado por (Córdova, K; 2018) sobre “la determinación de compuestos orgánicos persistentes en hielo y sedimento de la laguna en formación, en contacto con la cobertura glaciar, cordillera blanca al 2017”; manifiesta que los ecosistemas alto andinos, podrían ser un sumidero eficiente compuestos orgánicos transportados por la atmósfera, varios estudios realizados en la actualidad en áreas aisladas del planeta, similares a los Andes, los cuales han dado sus primeras concentraciones en límites de detección muy bajos.

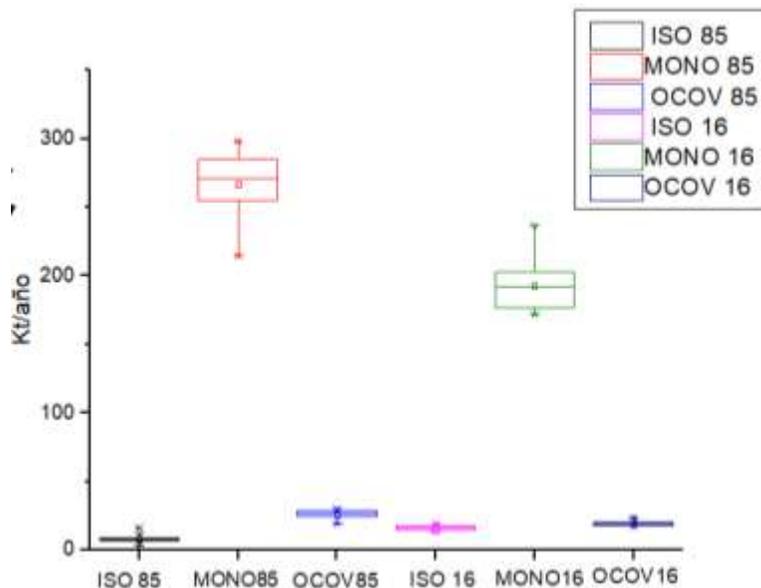


Gráfico 9-3. Variabilidad de compuestos orgánicos 1985-2016

Realizado por: Alejandra Pérez, 2019.

En la siguiente gráfica podemos observar la distribución de las medias de los valores observados de los COVBs, teniendo valores con una variabilidad mínima, mientras que los valores de los monoterpenos en las dos épocas la distribución es mayor. Esto se puede determinar en el primer caso debido a que hay una gran emisión por los vegetales, en la que se observa que casi todos se derivan del isopreno y monómero que tiende a formar polímeros del tipo $(C_5H_8)_n$ que se denominan terpenos y son la base de los aceites esenciales de origen natural (Peñuelas & Llusia, 2003).

Mientras que los terpenos de más influencia en la producción de ozono troposférico son los terpenos superiores, que están presentes en las resinas de las coníferas y otras especies vegetales, como el terpinol, el borneol, el carano, el pinano y el canfano (Salom, 2006).

Entre las fuentes antrópicas destacan las combustiones incompletas de carburante en el transporte. También contribuye a su presencia atmosférica la evaporación de los depósitos de combustible y su transporte y distribución, así como la producción y consumo de pinturas, disolventes y barnices, y la industria petroquímica esto se puede visualizar en las altas concentraciones en el año 2016 (Saad, Azaizeh, & Said, 2005).

3.6. Discusión de resultados.

Los resultados de nuestra investigación, se han determinado en una escala temporal de tres décadas; donde se consideraron cuadrantes de 1 km²; en el año 1985 se consideraron áreas intervenidas que representan el 40.08% del territorio, mientras que para las áreas sin intervención representa el 59.91 % del territorio; existe un total de 6.807 cuadrantes, el ministerio del ambiente menciona en su informe la clara disminución de las coberturas naturales, de bosque, vegetación de páramo, humedales, entre otras, que van de la mano con la degradación de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas generan, manifestado en su informe de Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2012); Mientras que las categorías de uso de la suelo en el año 2016, se diferenciaron mayor nivel de detalle para identificar las categorías, proporcionadas por el sistema nacional de información de la dirección Zonal 3 del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Nuestra comparación en este año muestra valores comprendidos a las áreas sin intervención que representan el 31.26% de la superficie total de la provincia de Chimborazo; mientras que las zonas intervenidas por acción antrópica, representa el 68.74%; en total se pudieron clasificar 6807 cuadrantes de 1 km². Determinando la pérdida de la cobertura natural se vio desfavorable, debido a la pérdida de cobertura de páramo con un valor de -17.47 ha/año; contrastando la información éstos valores representan un nivel considerable promedio de la provincia de Chimborazo, que según MAE (2016) alcanza 928 ha/año a nivel del país (MAE, 2012); (CONDESAN, 2012), (GADPCH, 2014).

Dentro de los análisis estadísticos para el año 1985, se muestra el factor de correlación muy fuerte con un valor de 0.95 lo establecen las estaciones de Matus y Tixán; un nivel medio comprendido en un valor de 0.5 establecido entre las estaciones ESPOCH, Matus y Tixán, muestra una menor variabilidad climática similar en estos lugares. Mientras que en el análisis descriptivo nos muestra que una media de 14.98; 18.28; 13.86; 12.76; en cada uno de los grupos de correlación; la desviación estándar de 1.65; 0.98; 1.16; 1.17 para las estaciones meteorológicas Alao, Matus, Espoch, Tixán; la variabilidad climática de nuestra región está caracterizada por un sin número de pisos ecológicos que sirven de soporte a comunidades ecológicas diversas (Bussmann, 2005); (MAE & FAO, 2014).

La variable de temperatura mensual de las estaciones meteorológicas para el año 1985, se caracterizó por tener un promedio que oscila entre (10-19.1) °C; propia de los ecosistemas alto andinos, el páramo en el país se ubica entre las cotas de los 3.200 y los 4.700 msnm (límite inferior del piso glaciar o

gélido) los cuales nos dan una variación de temperatura entre 6 a 12 °C; por lo contrario las partes más bajas aumenta la temperatura que pueden sobre pasar los 19 °C. (Damián. D, 2014).

La información correspondiente al año 2016, facilitada por las estaciones meteorológicas INHAMI permitió crear mapas de interpolación, donde se observa la correlación fuerte con un valor superior a 0.75 entre las estaciones de Atillo, Alao, Matus, Quimiag y Tunshi, con una variabilidad similar (MAE & RPFCH, 2018). En este año se observó un amplio rango de valores, es debido al incremento de estaciones meteorológicas, con una variación de altitud que va desde los 3200 m.s.n.m., en la zona de Cumandá, hasta los 6.310 m.s.n.m. en la cumbre máxima del Chimborazo; viendo la gran variación de temperatura con valores máximos en la zona del trópico entre (20-25) °C; mientras que la mayor parte tienen valores característicos de las zonas alto andinas con valores entre (8-16) °C; por lo tanto la variación de sus ecosistemas que lo conforman como son los páramos, páramos de almohadilla, bosque nublados, bosques montañosos, bosques vírgenes entre otros, viendo claramente cómo va cambiando su temperatura a medida que varía su altitud, observando el cambio de topografía yendo de zonas muy escarpadas hasta zonas con pendientes suaves influyendo esto en los cambios de temperatura y condiciones climáticas (Damián. D, 2014), (FAO, 2017).

La variación de la temperatura tiene un comportamiento variable en los dos años, se evidencia que en el año 1985, la temporalidad de la temperatura refleja un clima más cálido, dentro de los rangos (13-16) °C con un valor máximo al mes de mayo y un valor mínimo en el mes de agosto respectivamente, con un promedio anual de 14.97 °C, mientras que, para el año 2016, encontramos un rango que oscila entre (11.33-13.55) °C; con la misma tendencia de valores máximos y mínimos en los meses de febrero y agosto respectivamente; con un promedio anual de 12.65 °C; la variación de la temperatura muestra un descenso de la temperatura promedio anual de 2.32°C; lo que en términos de cambio climático resulta con un fuerte impacto, lo que se puede notar en el informe (warming 1.5 °C) IPCC (IPCC, 2016) (IPCC, 2019). Corroborando estos resultados con los estudios de cambio climático en América Latina (Camacho, M. 2014) que menciona que el cambio climático causará aumentos o disminuciones paulatinas en la temperatura promedio de la superficie de la tierra modificando los patrones asociados a la temperatura; dicho estudio también estima que, para finales del siglo XXI, habrá una variación en la temperatura de la superficie terrestre entre 2,6 y 4,8°C (BosquesAndinos, 2019).

En el año 1985 el análisis de correlación simple se puede observar la correlación fuerte en las estaciones Matus y Tixán con un valor de 0.81, lo que relacionan una alta radiación relacionada con el rango altitudinal y la vegetación predominante que se encuentran en las zonas mencionadas (Merino, C. 2016). Mientras que en el análisis estadístico descriptivo nos muestra que una media de 74.13; 118.63; 5.70; 144.76, una desviación estándar 17.98; 44.08; 0.67; 33.12, para las estaciones meteorológicas de Alao, Matus, Espoch y Tixán, con un nivel de confianza del 95%.

En la comparación del año 2016 se muestra el análisis de correlación simple, donde se observa la única correlación fuerte en las estaciones Matus, Quimiag, San Juan y Tunshi cuyo valor es superior a 0.9, lo que se relaciona con una alta radiación relacionada con el rango altitudinal ya que a mayor altitud la capa atmosférica se vuelve más estrecha, por ende absorbe una minúscula proporción de radiación solar; el tipo vegetación predominante de la superficies también tiene mucho que ver ya que reflejan la radiación en desigual medida; por ejemplo, la nieve reciente reflejar un 80% de la radiación; la arena seca de la playa un 15%, y la espuma del agua del mar un 25% (Paritarios, 2017).

En un análisis comparativo de las estaciones meteorológicas para el año 2016, corrobora lo mencionado con un rango de variación entre (268.58 - 44.06) W m⁻² por tener diferente altitud y cobertura entre las estaciones meteorológicas. Mientras que en el análisis estadístico descriptivo nos muestra que una media de 182.97; 180.32; 116.75; 217.42; 203.62; 77.52; 200.14; 177.17; 213.76; 223.40 y 184.90, una desviación estándar 32.11; 39.11; 14.07; 31.11; 28.56; 30.98; 28.42; 20.51; 25.07; 23.51 y 31.78, para las estaciones meteorológicas de Alao, Atillo, Cumandá, ESPOCH, Matus, Multitud, Quimiag, San Juan, Tixán, Tunshi y Urbina, con un nivel de confianza del 95%.

Para el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico para el año 1985. Se estimaron un total de 3611.81 kt/anales; distribuidos de la siguiente manera: Para las emisiones de isopreno se cuantificaron 100.62 kt/anales, monoterpenos con 3199.92 kt/mes y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 311.27 kt/anales. Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 205.94 kt/anales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos 3199.92 kt/anales; mientras que los valores más altos se ven reflejados al final de las temporadas lluviosas, correspondiente al mes de diciembre y mayo; mientras que el comportamiento de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico para el año 2016. Estimando un total de 4628.74 kt/anales; distribuidos de la siguiente

manera: Para las emisiones de isopreno se cuantificaron 192.19 kt/anuales, monoterpenos con 2312.67 kt/mes y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 231.27 kt/mes. El mes de julio, presenta la menor cantidad de emisión de COVs, lo que se atribuye a las condiciones imperantes características de las zonas andinas, temperaturas bajas y escasa precipitación. Las emisiones de isoprenos y OCOVs, mantienen valores similares con un promedio de 211.73 kt/anuales; mientras los monoterpenos alcanzan niveles muy altos 2312.67kt/anuales; mientras que los valores más altos se ven reflejados al final de las temporadas lluviosas correspondientes al mes de marzo y noviembre («Departamento Forestal EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS», 2010).

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos del anuario meteorológico histórico INAMI sobre temperatura y radiación muestran que, para el año 1985 existen 4 estaciones meteorológicas donde la temperatura promedio es de 14.97 °C y la radiación solar oscila alrededor de 220.3-4.9 Wm⁻²; mientras que para el año 2016 las estaciones meteorológicas aumentaron a 11 encontrando un promedio de temperatura de 12.65 °C y radiación solar entre (268.58 - 44.06) W m⁻². Lo cual muestra que la relación que existe entre las variables en estudio con el rango altitudinal y tipo de vegetación.

La variación de los factores climáticos en estas tres décadas, muestra un comportamiento variable, mismo que se refleja en valores mensuales, la temporalidad de la temperatura refleja un clima más cálido, dentro de los rangos (16-13) °C con un valor máximo al mes de mayo y un valor mínimo en el mes de agosto respectivamente, con un promedio anual de 14.97 °C, mientras que, para el año 2016, encontramos un rango que oscila entre (13.55-11.33) °C; con la misma tendencia de valores máximos y mínimos en los meses de febrero y agosto respectivamente; con un promedio anual de 12.65 °C; la variación de la temperatura muestra un descenso de la temperatura promedio anual de 2.32°C; lo que en términos de cambio climático resulta con un fuerte impacto, que se puede notar en el informe (warming 1.5 °C) IPCC 2016.

Se determinó 10 usos de suelo para el año de 1985 y 180 para el año 2016, mostrando un aumento significativo de actividades del área de estudio, la variación en los 30 años de temporalidad muestra que la cobertura de páramo ha sido la más afectada con una disminución de 17.47 ha/año, aumentando los poblados, cultivos y plantaciones.

Para el año 1985 las emisiones de isopreno en la provincia de Chimborazo presenta un valor de 8.4 kt/mensuales, con relación a las emisiones de monoterpenos que presentan un promedio de emisión del 266.66 kt/mensuales, siendo unas de las causas principales la presencia de áreas sin vegetación las cuales son productoras y responsables su emisión; de igual forma para el año 2016 el promedio de emisiones de isopreno es de 16.01 kt/mensuales con relación a las emisiones de monoterpenos que presentan un promedio de 192.72 kt/mensuales, siendo el cambio de cobertura y fragmentación de los bosques los responsables de la presencia de éstos, en conjunto la sinergia de la variación de la temperatura, se estima que los niveles de emisión de los OCOV's al incrementarse la temperatura

serán de niveles mucho mayores, ya que la influencia de la temperatura va relacionada con el potencial de emisión.

RECOMENDACIONES

Promover la creación de estándares que regulen la calidad del aire ante los compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico, para de esta manera minimizar las afecciones a los seres vivos.

Implementar de redes de vigilancia de la calidad del aire para generar bases de datos sobre los niveles de concentración de COV's que son nocivas para la humanidad, además de aumentar el calentamiento global.

Dar seguimiento a este tipo de trabajos investigativos para generar más información, lo que permitirá saber de forma clara cuál es la verdadera contribución del país al cambio climático, tomando en consideración la generación de los COVB's.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, M. OPS/OMS | Contaminación del Aire Ambiental. Pan American Health. 2019, Disponible: www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es

ALVES, R. y SOARES DE SOUZA, A. Isoprenoides. *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–5. ISSN 13514180. DOI 10.1007/s13398-014-0173-7.2.

BÁEZ, S., SALGADO, S., & JANETH, S. Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental. 2010, Quito: CONDESAN.

BOLAÑO, T., CAMARGO, Y. y VÉLEZ, A. Emisiones Biogénicas De Monoterpenos En El Parque Nacional Natural Tayrona, Santa Marta (Colombia). *Luna Azu*, 2015l [en línea], no. 40, pp. 102–116. ISSN 19092474. DOI 10.17151/luaz.2015.40.8. Disponible en: <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=1002>.

BERMEJO, V. A. El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. 2010, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente Y Medio Rural Y Marino.

BOSQUESANDINOS. Bosques Andinos y Cambio Climático. 2019, Obtenido de <http://www.bosquesandinos.org/los-bosques-andinos/>

BURNEO, M. Análisis de plataforma de competitividad de la provincia de Azuay. 2005, Cuenca: SEPROYCO.

CAMACHO, M. Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Anales 2014* (Vol. 1, No. 372, pp. 77-92).

CAMARGO CAICEDO, Y., BOLAÑO ORTIZ, T.R. y ÁLVAREZ MANCILLA, A., Emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico y su contribución a la dinámica atmosférica. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 2010, Vol. 5, Nº. 1, 2010, págs. 77-86, vol. 5, no. 1, pp. 77–86. ISSN 1794-161X.

CÁRDENAS, C. Memorias del Primer Encuentro Andino de Derecho Forestal Ambiental Comunitario. Encuentro Andino de Derecho forestal ambiental, 2004, págs. 50-135. Quito.

CARNICER, J. Contaminación Atmosférica. *Contaminación Atmosférica*, 2008 [en línea], vol. 1, pp. 320. Disponible en: http://books.google.com/books?id=86oL_Ybnwn8C&pgis=1.

CARRERA RAMÍREZ, L. K. Estudio biogénico de las emisiones de las especies pinus radiata, eucalyptus globulus labill y alnus acuminata en el cantón Riobamba. 2019, Universidad Nacional de Chimborazo

CARRASCO, G. Caracterización agroecológica de la microcuenca de Charquiayacu de la provincia de Bolívar. 2011, Universiada Estatal de Bolívar .

CASANOVA, J. Zonificación forestal en el cantón Cañar, bajo criterio biofísico y de conservación para un equilibrio social económico y ambiental. Riobamba: Escuela Politécnica de Chimborazo, 2010.

CAZCO CASTELLI, F. Mitigación de la contaminación del aire por material particulado y gases de combustión de automotores en el centro comercial de Riobamba . 2012. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

CONSEJO PROVINCIAL DE BOLÍVAR.. Modelo de Gestión para micro empresas agrícolas con cultivos ecológicos. 2004, Guaranda.

CORPORACIÓN CHILENA MUTUAL., *Emisiones Atmosféricas*. 2012. S.l.: s.n.

CUEVA, J., & CHALÁN, A.. Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la provincia de Loja. 2010, Loja.

DE BLAS MARTÍN, M. Desarrollo y aplicación de técnicas avanzadas de medida de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera, 2010, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatearen Argitalpen Zerbitzua.

DAMIÁN, D. Comparación de variables edáficoclimáticas, en zonas de bosque y páramo utilizando modelo de interpolación kriging en la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. 2014, Disponible en línea: <http://dspace.ESPOCH.edu.ec/handle/123456789/3596>.

ECUADOR, GOBIERNO AUTÓNOMO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. *Provincia de Chimborazo* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/>.

FEHSENFELD, F., CALVERT, J. y FALL, R. Emissions of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry. *Global Biogeochemical ...* [en línea], 1992, vol. 6, no. 4, pp. 389–430. Disponible en: <http://www.agu.org/pubs/crossref/1992.../92GB02125.shtml>.

FUENTES, J.D., et al. Biogenic Hydrocarbons in the Atmospheric Boundary Layer: A Review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 200, vol. 81, no. 7, pp. 1537–1575. ISSN 00030007. DOI 10.1175/1520-0477(2000)081<1537:BHITAB>2.3.CO;2.

GALEAS, C. J., et al. Propuesta Metodológica para la representación cartográfica de los ecosistemas del Ecuador continental 2010.

GALLARDO, A. Geoestadística. Ecosistemas 2006. (Español). Núm. 6:1–11.

GARCÍA, J. E. B., et al. Uso eficiente del agua de plantas de lechuga en respuesta a diferentes longitudes de onda. *Jóvenes en la ciencia*, 2018 4(1), 109-113.

GONZÁLEZ, A. Z., et al. Spectral properties of macro-tunnel covers and their relation with growth and yield of poblano pepper (*Capsicum annum* L.). *Revista terra latinoamericana*, 2019, 37(3), 253-260.

HUTCHINSON, M. F. AND GESSLER, P. E. Splines – more than just a smooth interpolator. *Geoderma* 1994,62: 45–67.

JUNTADEANDALUCIA. . Efectos de los COVs sobre la salud y el medio ambiente. 2017, Obtenido de Efectos de los COVs sobre la salud y el medio ambiente: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=88b782cb6b666110VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=36e08c43b07d4310VgnVCM1000001325e50aRCRD>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA, varios años. anuarios hidrológicos y meteorológicos.

LANCASTER UNIVERSITY. Isoprene and monoterpene emission potentials for 110 plant species found in the United Kingdom. 2002, Recuperado el 07 de 2012, de www.es.lancs.ac.uk.

LÓPEZ, G. J. V. Comparación de 4 métodos numéricos utilizados en la interpolación puntual de precipitación pluvial en el estado de Veracruz. 1995, Texcoco, Estado de México. 71 p.

LOZANO, P. Propuesta de norma para los Productos Forestales Diferentes de la Madera del Ecuador. 2011, Quito: Ministerio de Ambiente.

MAGAP. Geoportal del Agro Ecuatoriano. 2010. Recuperado el 17 de 05 de 2012, de <http://www.agricultura.gob.ec/>

MAGAP. Geoportal 2009, http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/USO%20DE%20LA%20TIERRA/04-PRESENTACION_MAPA%20USO%20Y%20COBERTURA%20DE%20LA%20TIERRA%20-2013-2014.pdf

MCGRAW-HILL. Contaminación atmosférica. *Contaminación Atmosférica*, 2012, pp. 234–262.

MENDOZA A., GUTIÉRREZ A.A. Y PARDO E.I. Volatile Organic Compounds in the Downtown Area of Mexicali, Mexico During the Spring of 2005: Analysis of Ambient Data and Source–Receptor Modeling, *Atmósfera*, 2008. (22):195–217.

MERINO ROSERO, C. W. Evaluación de la ejecución presupuestaria del gobierno autónomo descentralizado Parroquial Rural Matus, Provincia de Chimborazo, en el período 2014, para medir la eficiencia de la gestión financiera y administrativa. 2016. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.

MINISTERIO DE AMBIENTE. Plan de manejo Reserva Ecológica Cotacachi - Cayapas, 2008, Quito.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. 2012, vol. Anexo 3, L, pp. 371–401.

MINISTERIO DE TURISMO., 2010. Plan de Ordenamiento turístico territorial Zona 7. Quito.

MOROCHO, D. Estudio de alternativas de manejo para el bosque sur del bosque y vegetación 2008, Protector Colambo - Yacuri. Loja: MAE.

MORENO SANROMA, A. Química atmosférica de compuestos orgánicos volátiles oxigenados. 2016, pp. 1–255.

PAREDES MIRANDA, M. A. Evaluación las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Tungurahua en el año 2015. 2017. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

PARITARIOS. Portal de la seguridad, la prevención y la Salud Ocupacional de Chile. 2017, Obtenido de http://www.paritarios.cl/especial_factores_radiacion_solar.htm

PEÑUELAS, J. y LLUSIÀ, J., BVOCs: Plant defense against climate warming? *Trends in Plant Science*, 2003. vol. 8, no. 3, pp. 105–109. ISSN 13601385. DOI 10.1016/S1360-1385(03)00008-6.

PERALTA, H. Contribución a las estrategias de descontaminación atmosférica, considerando el aporte de Compuestos Orgánicos Volátiles Biogénicos emitidos por especies arbóreas nativas en la Región Metropolitana. 2009. Universidad de Chile

PÉREZ, K. A. Estudio de compuestos orgánicos volátiles biogénicos de especies arbóreas: crecimiento e incidencia en la química troposférica. 2012, Universidad de Chile : Tesis doctoral .

PUENTE, C. Medición y análisis de los compuestos orgánicos volátiles en la atmosfera: Últimas técnicas, aplicabilidad y resultados a nivel europeo. Revista *ION*, 2006, 19(1).

RAMÓN, J. et al. Estudio de compuestos orgánicos volátiles biogénicos en un área de fondo rural, 2014, [en línea]. S.l.: Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/478/47832683011/>.

RED AMBIENTAL ASTURIAS, Conceptos generales de contaminación atmosférica. 2006, [en línea]. Disponible en: <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=daca2ae109539210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=761ab1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>.

RINNE, J., et.al. Hydrocarbon fluxes above a Scots pine forest canopy: Measurements and modeling. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2007, vol. 7, pp. 2357–2388. ISSN 1680-7375. DOI 10.5194/acpd-7-2357-2007.

ROMERO, A., & MOSCOSO, J. Proyecto Comunitario "Rutas por las Cascadas" la Unión. Quito:2008, UCT.

SÁNCHEZ MONTERO, J.M. y ALCÁNTARA LEÓN, A.R.. IX. Compuestos orgánicos volátiles

en el medio ambiente. *Departamento de Química Orgánica y Farmacéutica de la Universidad Complutense*. 2007, [en línea], pp. 27. ISSN 1697-428X. DOI es/monoranf.v0i0.605. Disponible en: www.analesranf.com.

SANHUEZA, E., ALFONZO, Y. y SANTANA, M.. Compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera de la gran sabana. 2003 , vol. 28, pp. 29–35.

SISTEMA ESTADÍSTICO AGROPECUARIO NACIONAL.. Datos estadísticos agropecuarios. 2010, Quito: ESPAC

SUÁREZ, C. A. A.. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. 2012, *Revista Luna Azul*, (34), 195-213.

TESIS DOCTORALES EN RED. Los monoterpenos y su participación en la química troposférica 2.1. 1995 , pp. 1–19.

TIIVA, P.. *Isoprene Emission from Northern Ecosystems Under Climate Change.* , 2008 S.l.: s.n. ISBN 9789512711857.

TROPOSFERA. Troposfera. Portal temático de contaminación atmosférica . 2005, Obtenido de *Troposfera. Portal temático de contaminación atmosférica* : <http://www.troposfera.org/conceptos/calidad-aire/>

TORO G., M. V., CREMADES O., L. V. y RAMIREZ B., J.J., . Inventario de emisiones biogénicas en el valle de Aburrá. *Revista Ingeniería y Gestión Ambiental*, 2001, vol. 17, no. 32.

TORRES, A. D. Emisiones e inmisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en Tenerife, 2010, Universidad de La Laguna. Islas Canarias.

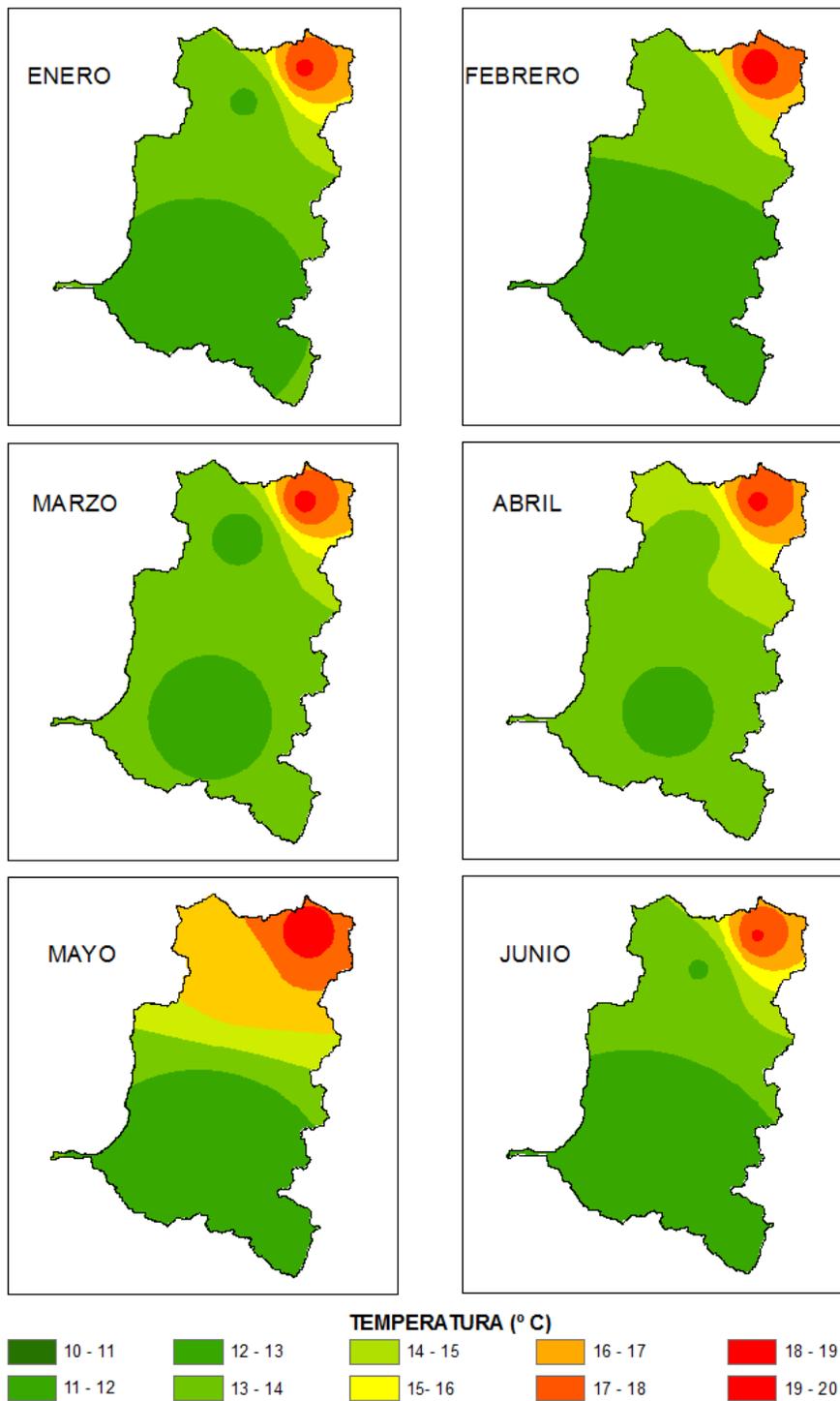
VÁSCONEZ, P. Los páramos. 2006. *EcoCiencia*. La Paz

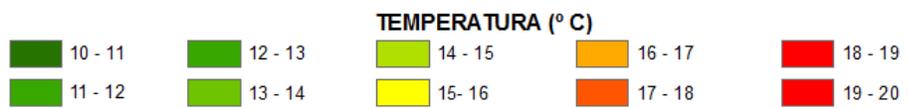
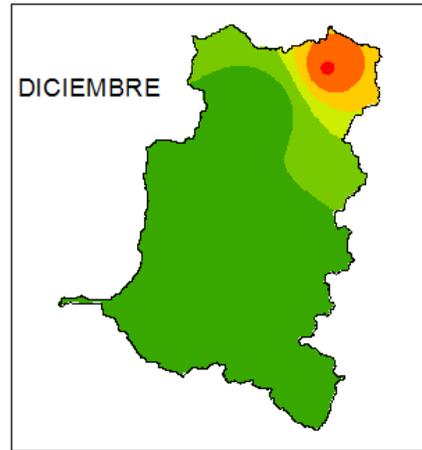
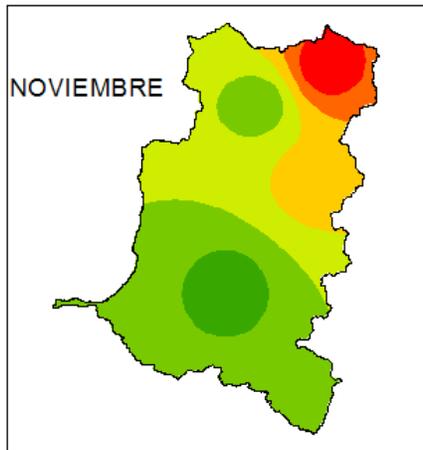
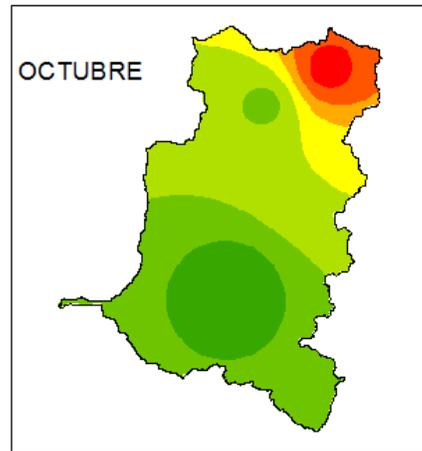
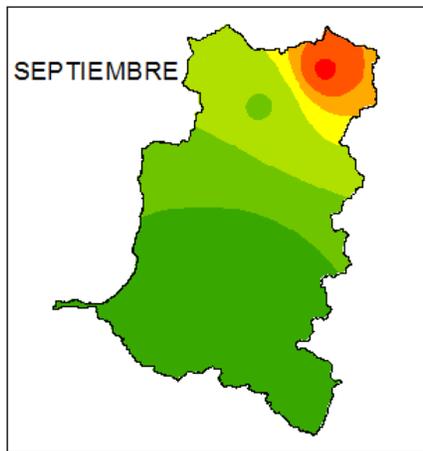
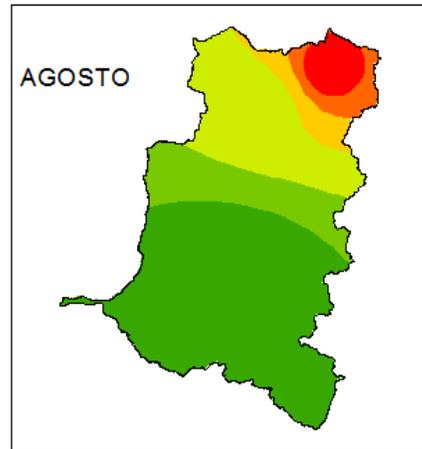
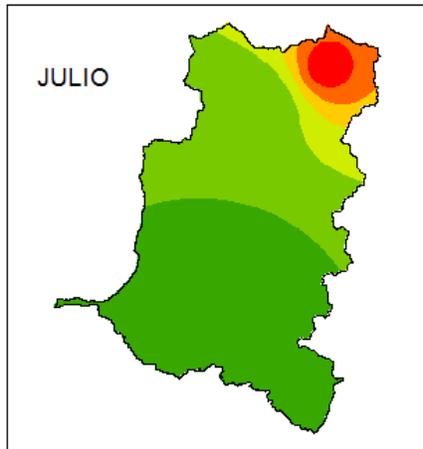
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Air Quality and Emissions Trends Report, 1993.

YÉPEZ, M. Ministerio del Ambiente. 2012. Recuperado el 10 de 2012, de <http://www.ambiente.gob.ec/>

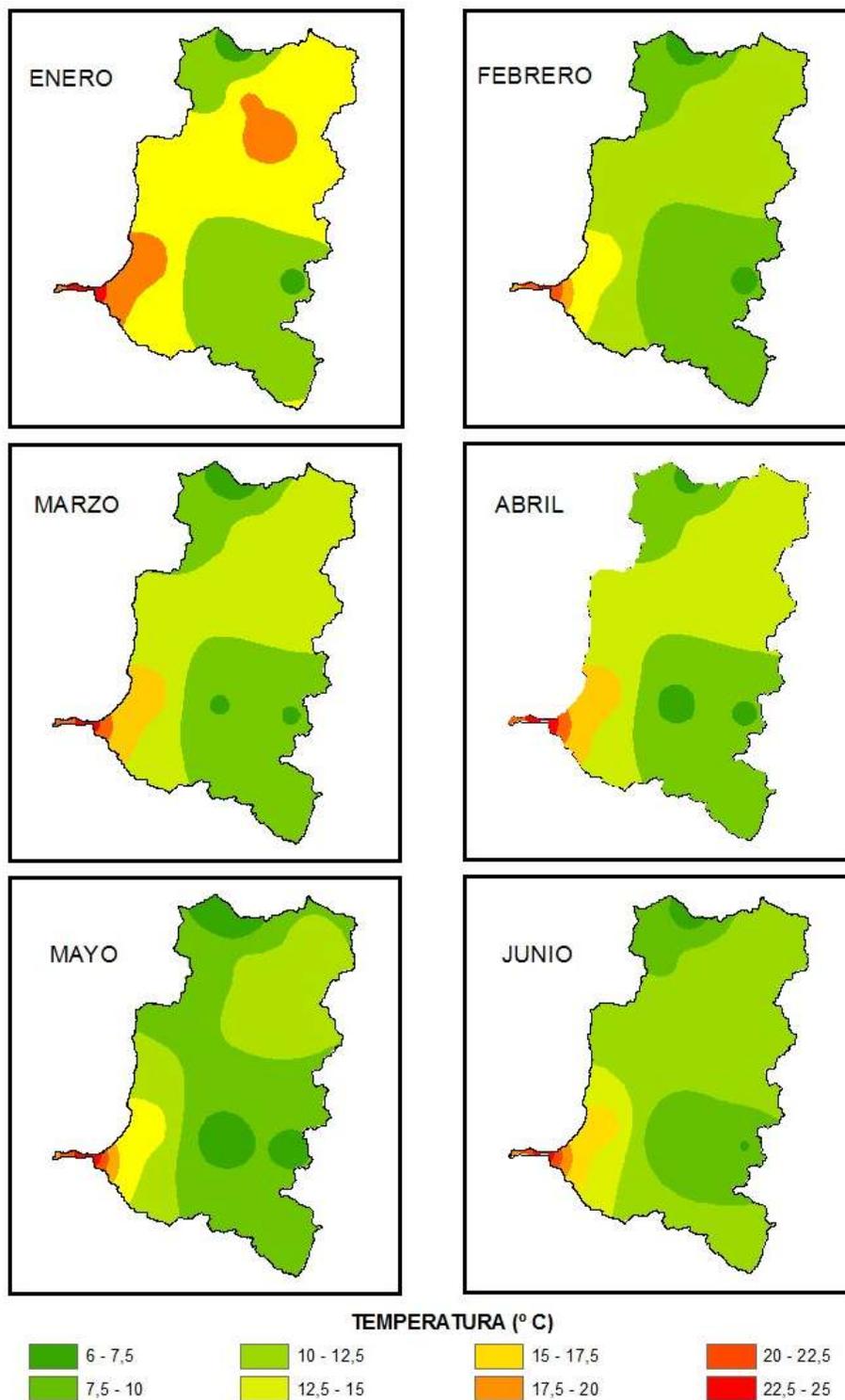
ANEXOS

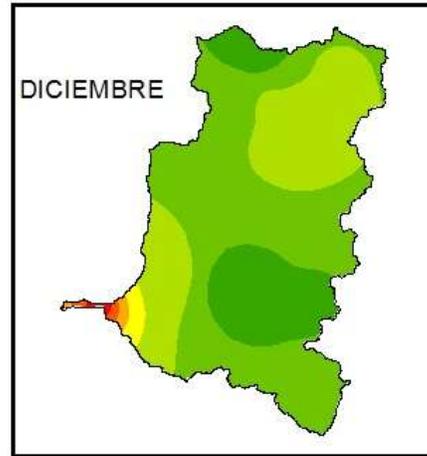
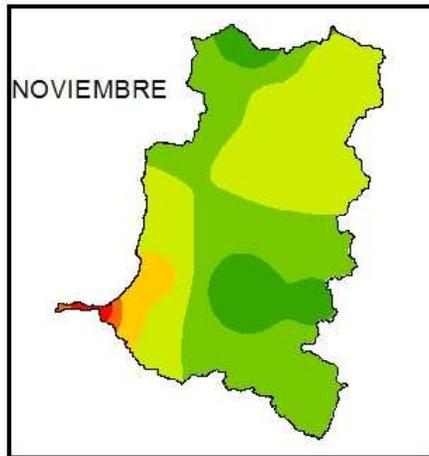
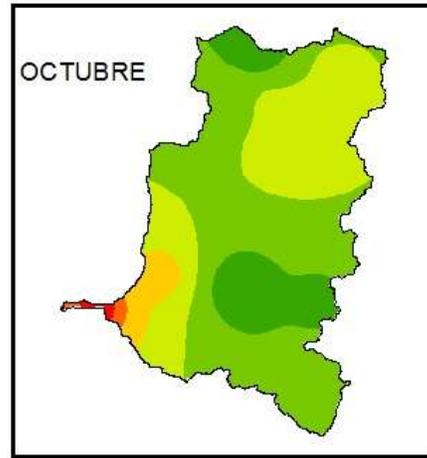
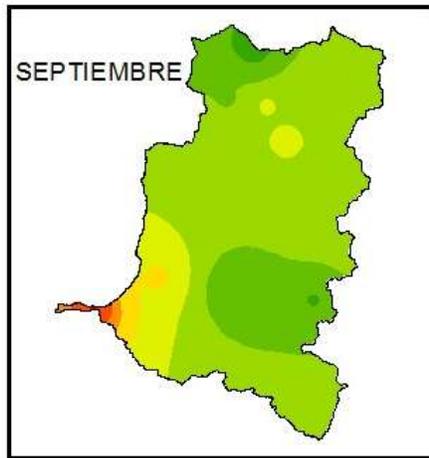
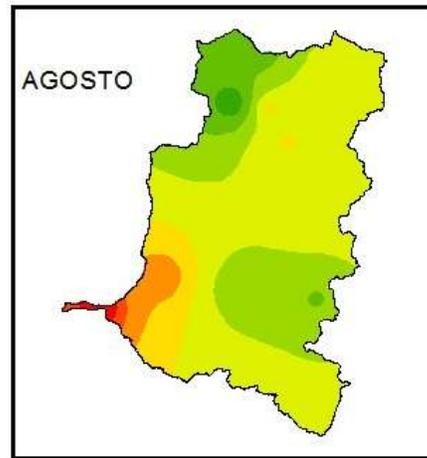
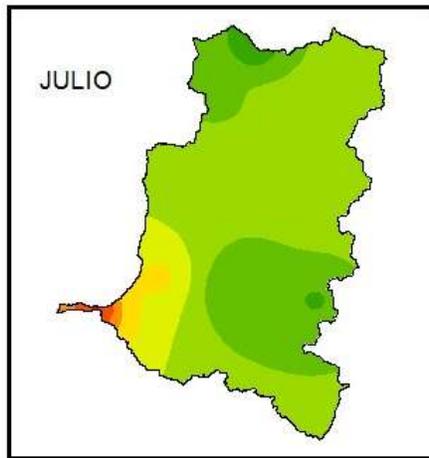
ANEXO A. Mapas de Temperatura para el año 1985





ANEXO B. Mapas de Temperatura para el año 2016





TEMPERATURA (° C)

6 - 7,5

10 - 12,5

15 - 17,5

20 - 22,5

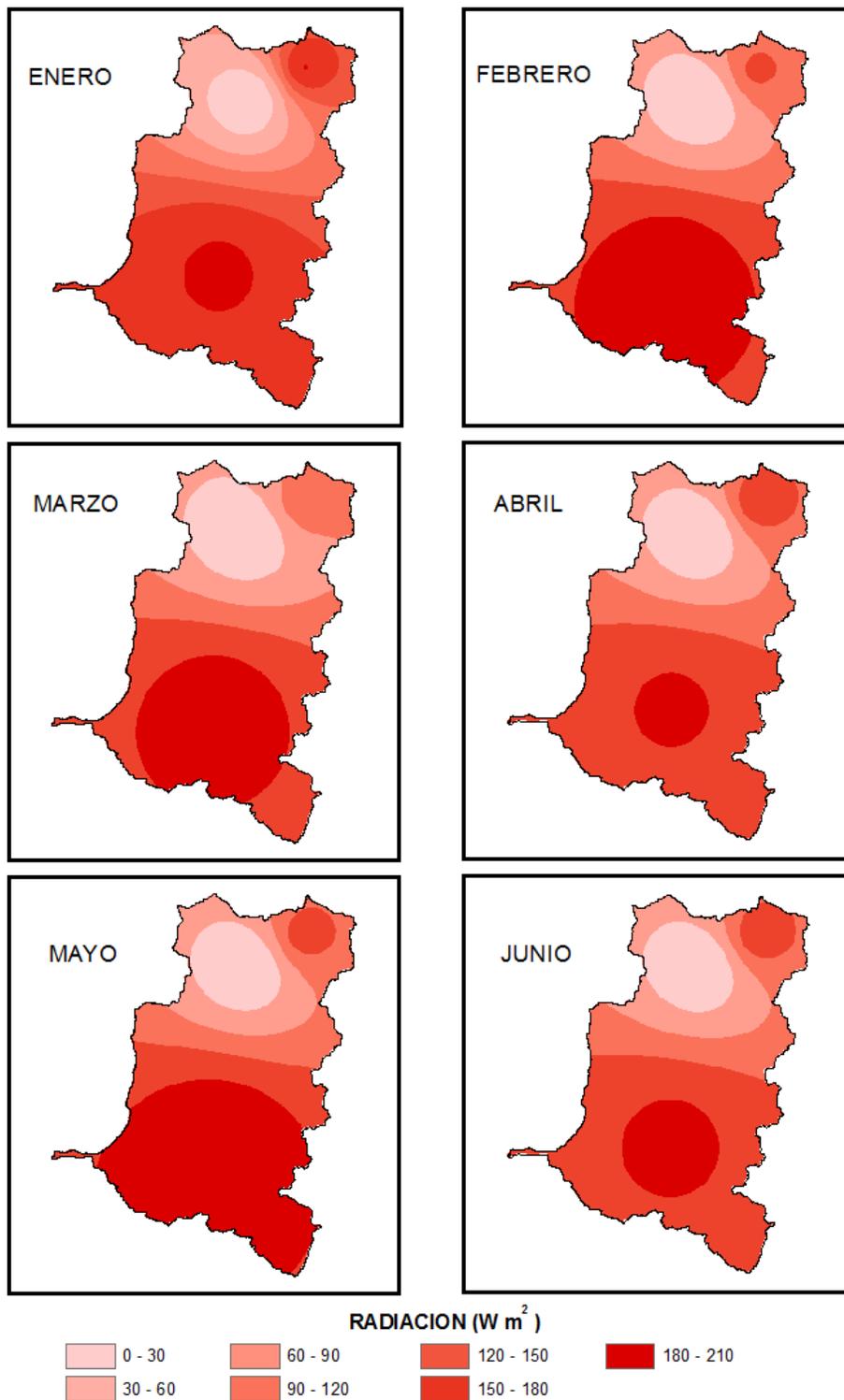
7,5 - 10

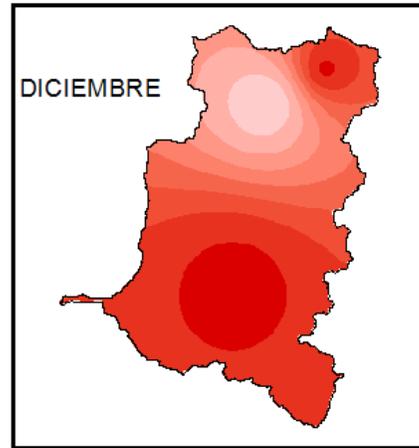
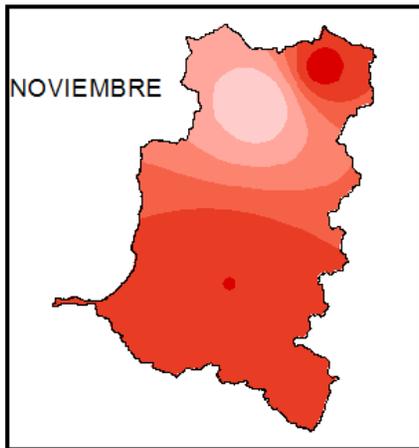
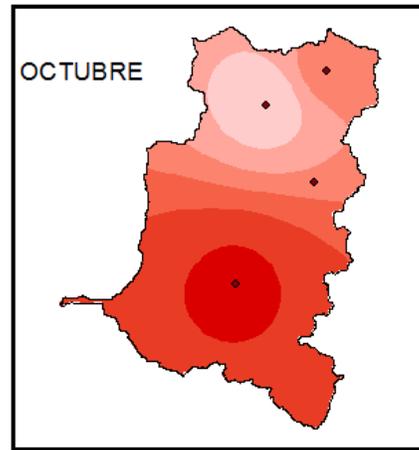
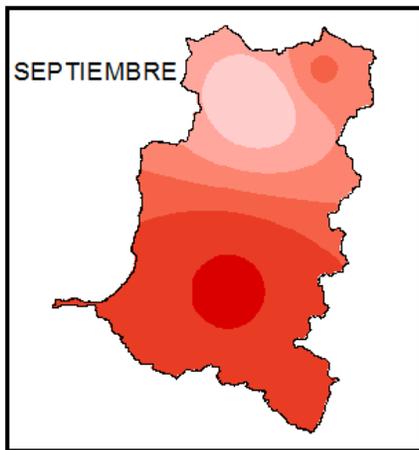
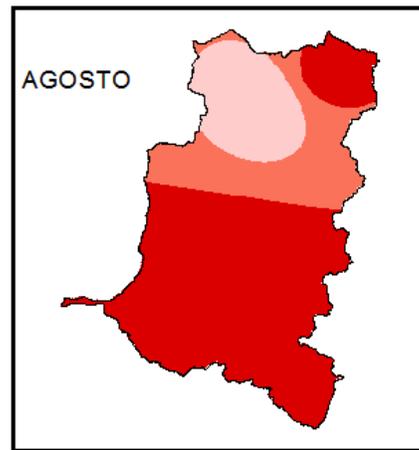
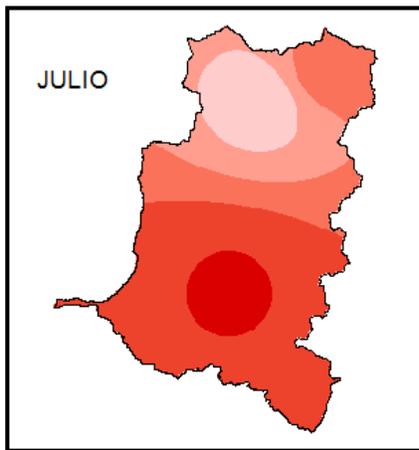
12,5 - 15

17,5 - 20

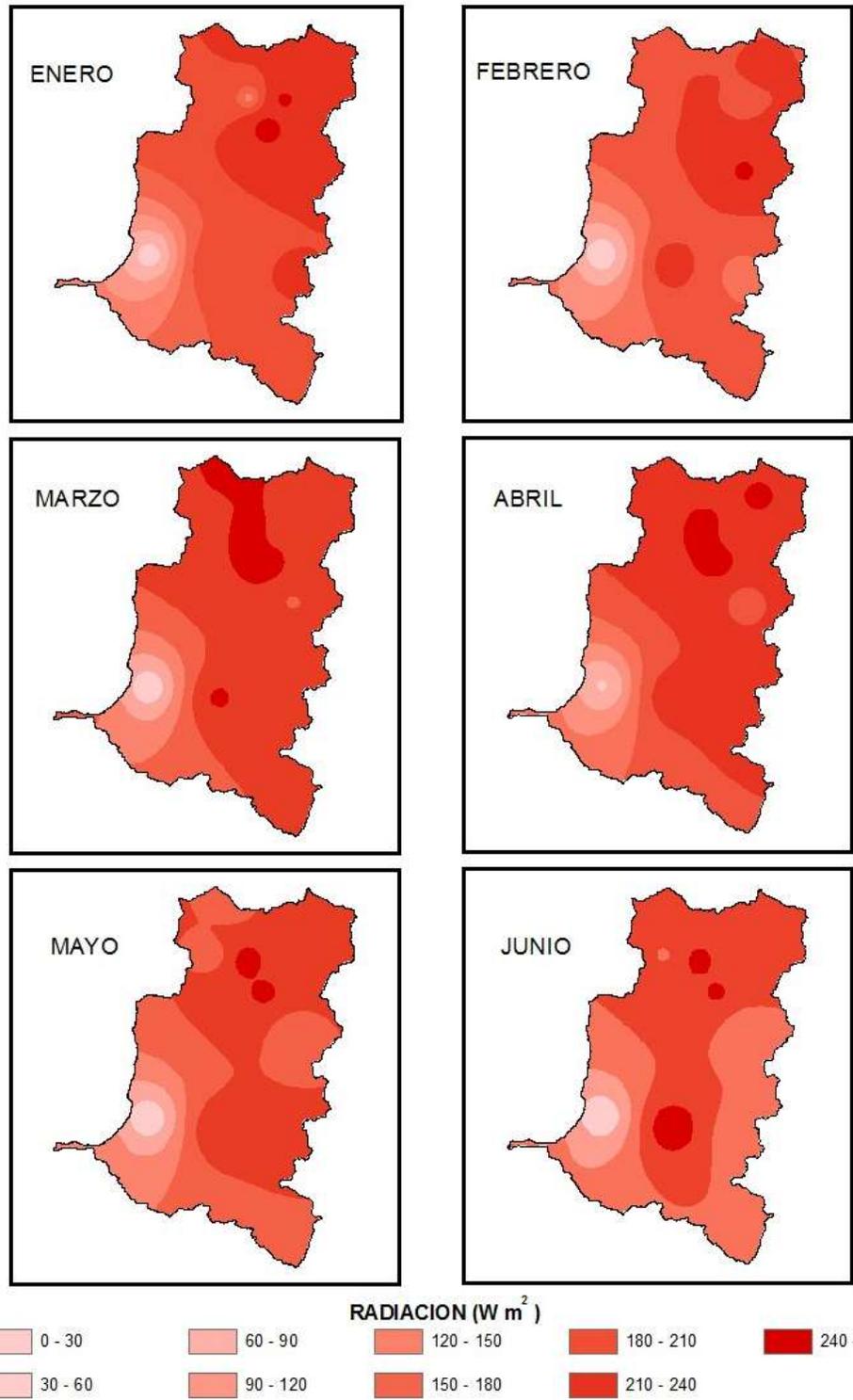
22,5 - 25

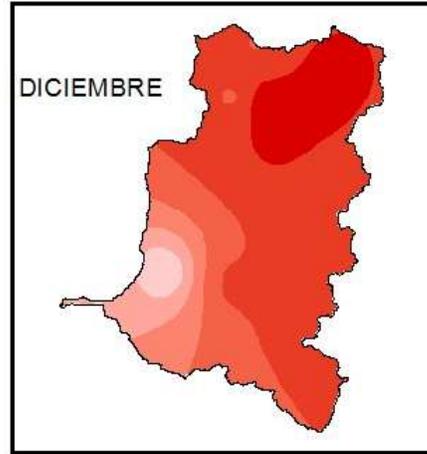
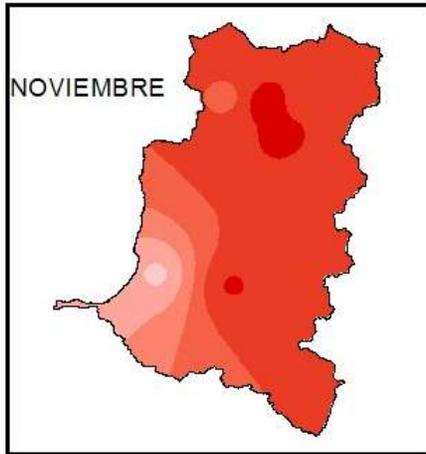
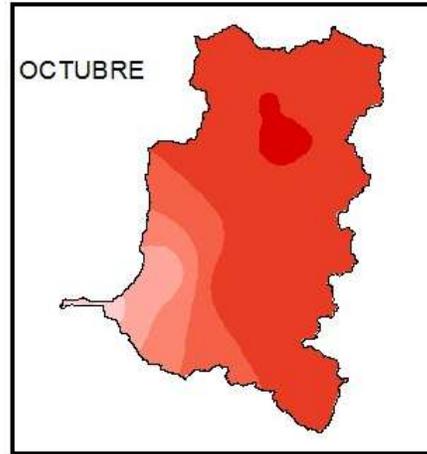
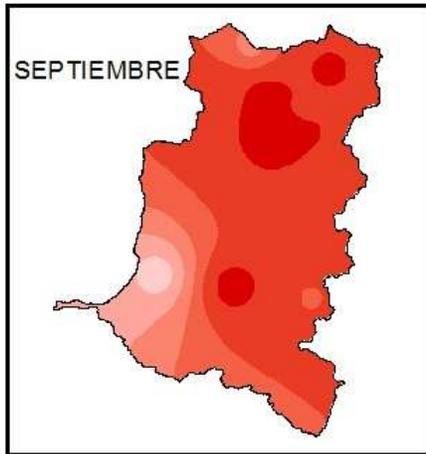
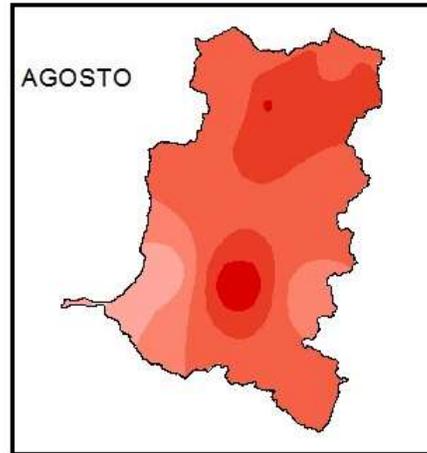
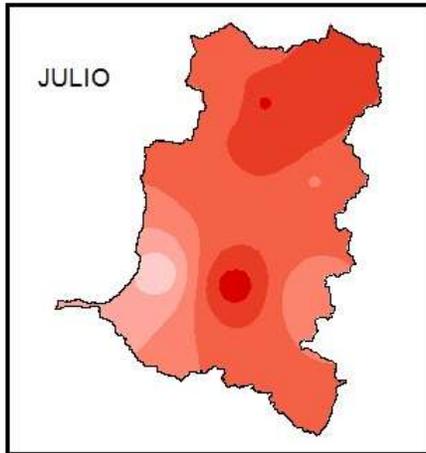
ANEXO C. Mapas de Radiación Solar para el año 1985





ANEXO D. Mapas de Radiación Solar para el año 2016





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 31- 07-2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: María Alejandra Pérez Vallejo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ing. Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ing. Biotecnología Ambiental
f. Analista de bibliotecas responsable: