



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

“EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE COMPUESTOS  
ORGÁNICOS VOLÁTILES NO METANOGÉNICOS DE ORIGEN  
BIOGÉNICO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN EL AÑO  
2015.”

Trabajo de titulación presentado para optar por el título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA:** MAYRA ALEJANDRA PAREDES MIRANDA

**TUTORA:** MCS. RAFAELA VITERI

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2017**

©2017, PAREDES MIRANDA MAYRA ALEJANDRA

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.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN LAS EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES NO METANOGÉNICOS DE ORIGEN BIOGÉNICO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA EN EL AÑO 2015.”, de responsabilidad de la señorita Mayra Alejandra Paredes Miranda, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

MSc. Rafaela Viteri

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DIRECTORA**

Ing. Hugo Calderón

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, MAYRA ALEJANDRA PAREDES MIRANDA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales.

Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 12 de mayo del 2017

MAYRA ALEJANDRA PAREDES MIRANDA

180466327-4

Yo, Mayra Alejandra Paredes Miranda, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

---

Mayra Alejandra Paredes Miranda

## DEDICATORIA

La universidad ha sido la mejor época de mi vida llena de experiencias, permitiendo ser mejor persona cada día y como profesional. Así llegar a este momento, me doy cuenta cuan bendecida soy porque puedo mirar que todavía existen escalones por ascender, que antes no podía ver. Sin embargo durante este camino largo han existido personas que me han dado fuerza a mi alma y a mi espíritu, para superar los obstáculos de la vida.

Primero dedicó a mis padres, Neyba Edith Miranda Ruiz y Marco Liban Paredes Redroban. Mil gracias a ustedes tengo el orgullo de alcanzar esta meta, su infinito amor y valores me han guiado en cada paso que doy. Gracias por estar junto a mí aquellas madrugadas de desvelo y resfriados. Gracias por ser mi aliento y alivio en momentos difíciles. Gracias por ser los primeros en creer en mí, en darme su confianza, por haber roto paradigmas para formar a una mujer.

Gracias por haber preferido darme un lápiz, un libro y no juegos virtuales. Gracias por enseñarme que las personas valen por lo que tienen dentro de su corazón y no por lo que está dentro de sus bolsillos. Gracias por enseñarme que los recursos económicos no son limitantes para lograr lo que uno quiere. Y sobre todo gracias por darme la vida y siempre ser mi protección total.

*Su Hija*

## **AGRADECIMIENTOS**

Son muchas las manos que Dios me ha puesto para guiar el desarrollo del trabajo de estos últimos meses y también las que me han retenido en los momentos difíciles.

A mis Padres y a mi Hermano, por su eterno cariño, comprensión y apoyo. Sin ustedes no sería lo que soy.

A mi directora, Rafaela Viteri por el esfuerzo, consagración y conocimientos brindados para realizar esta tesis, sus continuas ideas, consejos han sido fundamentales para que este trabajo haya llegado a buen desarrollo.

Igualmente, quisiera agradecer especialmente al Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) por su valiosa acogida durante mi estancia en las Direcciones de Gestión y Calidad Ambiental y de Recursos Hídricos, experiencia que me ha permitido crecer en pensamiento crítico e investigativo que se ve reflejado en el desarrollo de mi trabajo.

A mis amigos y amigas que me han acompañado estos años de formación. Gracias a todos por lo vivido antes y durante este trabajo, y por lo que sin duda vendrá después.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
INDICE DE ABREVIATURA.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE MAPAS.....	xvii

### CAPÍTULO I

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específico.....	3

### CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Calidad del Aire.....	4
2.2. Ozono Troposférico.....	4
2.3. Cobertura y Uso de tierra.....	5
2.4. Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico.....	5
2.4.1. Isopreno.....	6
2.4.2. Monoterpeno.....	6
2.4.3. Otros.....	7
2.5. Función de los compuestos orgánicos volátiles.....	7
2.6. Efectos de radiación y temperatura.....	8
2.7. Mecanismos de emisión de los COVB's por las plantas.....	8



2.8.	Especies Almacenadoras y no almacenadoras.....	9
2.9.	Inventario de emisiones de los COVB´s.....	10
2.10.	Escala de Reactividad.....	14
2.11.	Efectos en la Salud Humana.....	14
2.12.	Efecto de las emisiones de COVB´s sobre el clima.....	16
2.13.	Efectos del cambio climático sobre las emisiones de los COVB´s.....	17
2.14.	Factores que influyen en las emisiones de los COVB´s.....	18
2.15.	Normativa legal.....	19
2.15.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	19
2.15.2.	Ley de Gestión Ambiental.....	19
2.15.3.	Ley De Prevención Y Control De Contaminación Ambiental.....	20
2.15.4.	Acuerdo 061.....	20
2.15.5.	Acuerdo 050.....	21
2.15.6	Guías de calidad de aire de la OMS relativos al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.....	22

### CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
3.1.	Zona de Estudio.....	24
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	24
3.1.2.	Materiales.....	25
3.2.	Tipo de investigación.....	25
3.2.1.	Esquema del proceso.....	26

### CAPITULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
4.1.	Mapa de uso de suelos de la provincia de Tungurahua del año 2015.....	42
4.2.	Mapas de Temperatura.....	42
4.3.	Mapas de Radiación.....	43

4.4.	Emisiones de COVB's mensual y anual.....	44
4.5.	Distribución de las emisiones de isopreno para la provincia de Tungurahua en el 2015 .....	61
4.6.	Distribución de las emisiones de monoterpeno para la provincia de Tungurahua en el 2015.....	62
4.7.	Distribución de las emisiones de OCOV para la provincia de Tungurahua en el 2015..	63
4.8	Distribución de la es emisiones de COVB's para la provincia de Tungurahua en el 2015.....	64

#### CONCLUSIONES

#### RECOMENDACIONES

#### BIBLIOGRAFÍA

#### ANEXOS

Anexo A. Mapas de Temperatura

Anexo B. Mapas de Radiación Solar

## INDICE DE ABREVIATURA

<b>COVs</b>	Compuestos orgánicos volátiles
<b>COVB's</b>	Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico
<b>USEPA</b>	(United States Environmental Protection Agency)
<b>MAE</b>	Ministerio del Ambiente
<b>WRF</b>	Weather Research and Forecasting
<b>ECORAE</b>	Eco desarrollo Regional Amazónico
<b>ARGIS</b>	Adirondack Regional Geographic Information System
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de Nitrógeno
<b>Ppb</b>	Partes por billón
<b>CMAQ</b>	Community Multiscale Air Quality Modeling System
<b>µg/m<sup>3</sup></b>	Microgramos sobre metro cúbico
<b>PAR</b>	Radiación fotosintéticamente activa
<b>OCOV</b>	Otros compuestos orgánicos volátiles
<b>MEGAN</b>	Modelo de Emisión de Gases y Aerosoles de la Naturaleza

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2</b>	Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alarma y de emergencia en la calidad del aire.....	21
<b>Tabla 2-2</b>	Guía de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedio para el ozono: concentraciones de ocho horas.....	22
<b>Tabla 1-3</b>	Especies vegetales por uso de suelo de la Provincia de Tungurahua (1 de 2).....	27
<b>Tabla 2-3</b>	Factores de emisión ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de especies vegetales de la Provincia de Tungurahua (1 de 4).....	30
<b>Tabla 3-3</b>	Factores de emisión por uso de suelo de la Provincia de Tungurahua (1 de 2).....	33
<b>Tabla 4-3</b>	Densidad foliar según el uso de suelo en ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).....	35
<b>Tabla 1-4</b>	Porcentaje del uso de suelo de la provincia de Tungurahua 2015.....	42
<b>Tabla 2-4</b>	Temperatura media diaria por mes del año 2015.....	43
<b>Tabla 3-4</b>	Radiación diaria por mes del año 2015.....	44
<b>Tabla 4-4</b>	Emisiones mensuales de los COVB's para el año 2015.....	45
<b>Tabla 5-4</b>	Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones.....	66
<b>Tabla 6-4</b>	Valoración de cualitativa de la incertidumbre de las Emisiones de COVB's en el Ecuador en el año 2015.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1- 2.</b>	Estructura de Isopreno.....	6
<b>Figura 2- 2.</b>	Estructura del Monoterpeno.....	6
<b>Figura 3- 2.</b>	Emisiones de los COVB´s en la superficie foliar.....	9
<b>Figura 4- 2.</b>	Diagrama Esquemático del Cambio Climático.....	18
<b>Figura 1- 3.</b>	Esquema de proceso.....	9
<b>Figura 4- 3.</b>	Factor de emisión de M (T).....	41
<b>Figura 1- 4.</b>	Variación de las temperaturas medias por mes para el año 2015.....	43
<b>Figura 2- 4.</b>	Variación de las radiaciones medias por mes para el año 2015.....	44
<b>Figura 3- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Enero.....	45
<b>Figura 4- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Febrero.....	45
<b>Figura 5- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Marzo.....	46
<b>Figura 6- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Abril.....	46
<b>Figura 7- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Mayo.....	47
<b>Figura 8- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Junio.....	47
<b>Figura 9- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Julio.....	48
<b>Figura 10- 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Agosto.....	48
<b>Figura 11. 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Septiembre.....	49
<b>Figura 12. 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Octubre.....	49
<b>Figura 13. 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Noviembre.....	50
<b>Figura 14. 4</b>	Perfil medio de emisión de COVB´s en el mes de Diciembre.....	50
<b>Figura 15. 4</b>	Emisiones de los COVBs de Tungurahua en el año 2015.....	51

## TABLA DE ECUACIONES

<b>Ecuación N° 1- 3</b>	Emisión de isopreno de cada hora en la celda.....	36
<b>Ecuación N° 2- 3</b>	Factor de corrección ambiental perteneciente a la temperatura.....	37
<b>Ecuación N° 3- 3</b>	Coefficiente de corrección adimensional.....	37
<b>Ecuación N° 4- 3</b>	Coefficiente de corrección tomando en cuenta la temperatura.....	37
<b>Ecuación N° 5- 3</b>	Emisión de Isopreno diario.....	39
<b>Ecuación N° 6- 3</b>	Emisión mensual de Isopreno.....	39
<b>Ecuación N° 7- 3</b>	Emisión Anual de Isopreno.....	39
<b>Ecuación N° 8- 3</b>	Emisión de monoterpeno de cada hora en la celda.....	39
<b>Ecuación N°9- 3</b>	Factor de corrección ambiental perteneciente a la temperatura en monoterpenos.....	39
<b>Ecuación N°10- 3</b>	Emisión de OCOV de cada hora en la celda.....	40

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1- 3</b>	Ubicación geográfica del área de estudio.....	25
<b>Mapa 1- 4</b>	Mapa de uso de suelos de Tungurahua del año 2015.....	42
<b>Mapa 2- 4</b>	Distribución de las emisiones medias diarias de isopreno de enero a abril.....	54
<b>Mapa 3- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno de mayo a agosto .....	55
<b>Mapa 4- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno de septiembre a diciembre.....	56
<b>Mapa 5- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpeno de enero a abril...57	
<b>Mapa 6- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpeno de mayo a agosto58	
<b>Mapa 7- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpeno de septiembre a diciembre.....	59
<b>Mapa 8- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de enero a abril.....	60
<b>Mapa 9- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de mayo a agosto.....	61
<b>Mapa 10- 4</b>	Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de septiembre a diciembre.....	62
<b>Mapa 11- 4</b>	Emisiones de isopreno en la provincia de Tungurahua para el 2015.....	63
<b>Mapa 12- 4</b>	Emisiones de monoterpeno en la provincia de Tungurahua para el 2015.....	64
<b>Mapa 13- 4</b>	Emisiones de OCOV en la provincia de Tungurahua para el 2015.....	65
<b>Mapa 14- 4</b>	Distribución de las emisiones de COVB´s en Tungurahua para el 2015.....	66

## RESUMEN

La presente investigación evaluó las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Tungurahua; a partir de la elaboración de un mapa de uso de suelos donde se identificaron las especies pertenecientes a cada categoría, identificando sus respectivas emisiones, de acuerdo a la base de datos de los factores de emisión de los compuestos volátiles que poseen la Universidad de Lancaster, La Unión Europea y la Universidad Nacional del Perú; esta información fue procesada con la metodología de Guenther para conocer las emisiones de isopreno, monoterpeno y otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV) horarios, mensuales y anual, misma que fue plasmada en mapas temáticos para cada uno de los gases en estudio, complementariamente se realizó una base de datos de temperatura y radiación solar de estaciones meteorológicas dentro de la provincia para la generación de la cartografía necesaria para estas variables, estos procedimientos se realizaron en el software ArcMap 10.1. Se realizó gráficas estadísticas de las emisiones de los gases, permitiéndonos determinar su comportamiento en espacio tiempo, además de determinar la influencia de las condiciones climáticas antes mencionadas en el aumento y disminución de su producción anual; se determinó que las emisiones de isopreno están directamente relacionadas con los cambios de temperatura, en el caso de los monoterpenos a parte de la temperatura se concluyó que la radiación solar es un factor a tener en cuenta al momento de analizar el comportamiento de las emisiones, con respecto a los OCOV la falta de información por especie, limitó la generación de información para la provincia, pero si en tener idea de que al ser un producto secundario de los procesos químicos de la planta siempre estarán presentes en la atmósfera; esta información sirve como una herramienta base para los gobiernos locales en la toma de decisiones en el área ambiental; a más de registrar las bases para futuros estudios comparativos que permitan evaluar el comportamiento de las emisiones en relación al cambio climático y de uso de suelos que sufre la provincia y el país en general.

**Palabras clave:** < BIOTECNOLOGÍA> <INGENIERÍA AMBIENTAL> < GAS ISOPRENO>  
< GAS MONOTERPEÑO> <COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES> <EMISIONES GASEOSAS> <ATMÓSFERA>



## SUMMARY

The present investigation evaluated the emissions of non-methanogenic volatile organic compounds of biogenic origin in the province of Tungurahua; based on the development of a land use map identifying the species belonging to each category, identifying their respective emissions, according to the database of the emission factors of the volatile compounds belonging to the University of Lancaster, the European Union and the National University of Peru; This information was processed using the Guenther methodology to know the emissions of isoprene, monoterpene and other volatile organic compounds (OCOV), monthly and annual schedules, which was captured in thematic maps for each of the gases under study, database of temperature and solar radiation of meteorological stations within the province for the generation of the mapping required for these variables, these procedures are performed in the software ArcMap 10.1. Graphs of the emissions of gases, allowed to determine their behavior in the time space, besides determining the influence of the aforementioned climatic conditions in the increase and decrease of their annual production; It was determined that isoprene emissions are directly related to changes in temperature, in the case of monoterpenes a part of the temperature has been concluded that solar radiation is a factor to be taken into account when analyzing the behavior of emissions with respect to the OCOV, the lack of information by the species limited the generation of information for the province, but rather to have the idea that the product is secondary to the chemical processes of the plant always present in the atmosphere; this information is used as a tool for local governments in decision making in the environmental area; in addition to recording the basis for future comparative studies to assess the behavior of emissions in relation to climate change and use suffered by the province and the country in general.

**Keywords:** <BIOTECHNOLOGY> <ENVIRONMENTAL ENGINEERING> <GAS ISOPRENE> <GAS MONOTERPENE> <VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS> <GAS EMISSIONS> <ATMOSPHERE>

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad gracias a las investigaciones realizadas, la vegetación muestra una gran importancia para la biodiversidad mundial y el ciclo global del carbono. Generando un gran interés por el estudio de los efectos positivos o negativos que encierra a los ambientes en el actual cambio climático y la acción humana; sufriendo a nivel mundial cambios severos en el agua, aire y suelo (CAICEDO, et al., 2010. pp. 77-86)

El tipo de vegetación se centra principalmente en que acogen a la mayor variedad de árboles y plantas en general del planeta, dando como lugar una fuerte influencia en los ciclos biogeoquímicos, como en el ciclo hídrico.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV's) incluyen en su totalidad las sustancias con base de carbono que existen en la atmósfera; esta definición es propuesta por USEPA (United States Environmental Protection Agency), algunas actividades antropogénicas como el tráfico vehicular son la principal fuente de COV's que provienen del consumo de gasolina; el combustible más utilizado habitualmente, siendo parte de las fuentes móviles.

Los COV's están en la tropósfera, en zonas rurales, urbanas e industriales en diferentes cantidades que van desde partes por billón a trillón en fracciones de volumen. Dentro de yacimientos naturales están la degradación bacteriana de los océanos, materia orgánica y vegetación. (PEÑUELAS et al., 2010. pp. 133-144)

Uno de los bosques más extenso del mundo está ubicado en la Amazonía, y corresponde aproximadamente al 45% de bosques tropicales del mundo. Comprende en toda su extensión una gran variedad de climas, topografía, geografía y estructuras de bosque. Conjuntamente, participa en el 20% del agua fresca de la Tierra (HUTYRA, L. 2005. p. 115).

Las informaciones de bosques señalan que están experimentando cambios en su estructura a causa de variaciones en las condiciones ambientales a nivel integral, presididas por factores como la creciente concentración de dióxido de carbono atmosférico, variación en precipitaciones, incremento anual progresivo del clima y la irradiación ultravioleta. (WAGNER, F., 2010 pp. 664-671)

Los efectos adversos de los COV's en la salud humana son muy específicos en función de cada especie, para lo que es importante elaborar una medida especiada para identificar y cuantificar el riesgo que supone su presencia en el aire ambiente.

Con todos estos antecedentes surge la necesidad que realizar un estudio para conocer la cantidad de emisiones de los grasas de isopreno, monoterpeno y otros compuestos orgánicos volátiles en la provincia de Tungurahua; y así poder aportar al conocimiento de la calidad del aire en esta zona del Ecuador. (BOLIVAR, 2012)

Para la ejecución de esta investigación se aplica la metodología de Guenther puesto que es la más viable y permite conocer la emisión de los COVB's (compuestos orgánicos volátiles biogénicos); también es una de las más utilizada a nivel mundial para el control y monitoreo del aire.

### **1.1. Justificación**

Los COVB's son expulsados de manera directa a la atmósfera afectando la capa de ozono, por lo que es necesario generar registros de emisiones para conocer la cantidad que se encuentra presente en el entorno y cómo estos reaccionan con variables de temperatura, presión atmosférica, radiación solar, por lo que se es necesario realizar el estudio completo que abarque todo el año.

Esto con la finalidad de conocer la cantidad de estas emisiones y su comportamiento mes a mes (BERNABÉ, 2004); ya que la formación de nitratos orgánicos que atrapan óxidos de nitrógeno y permiten su transporte a largas distancias, varían su permanencia en la atmósfera durante el día; la reacción de oxidación de ciertos COVB's pueden originar aerosoles orgánicos y contribuir con el aumento en la formación de neblina. (CEDEÑO, 2010)

Para esto se aplica una nueva metodología que permite detallar la situación actual de estos gases, este es un beneficio porque facilita el desarrollo del proceso investigativo; ya que complementa la información obtenida de las fuentes bibliográficas; ya que esta investigación no es netamente experimental, pero sí técnica. (PEÑUELAS et al., 2003 pp.1-7)

Además permite conocer la realidad actual de la calidad del aire y así poder tomar mejores acciones para contribuir en la destrucción de la capa de ozono, problema que se va agudizando día a día al perder la protección de la misma, lo cual tiene efectos nocivos para la vida en el planeta.

Debido que se va generando el ozono troposférico que no se emite directamente a la atmósfera, este es un contaminante secundario, al formarse a partir de reacciones fotoquímicas complejas con intensa luz solar entre contaminantes primarios como son los óxidos de nitrógeno.

Las principales fuentes de emisión de COV's a la atmósfera son las naturales, emitiéndose unos 1000 Tg a-1 (RAMÓN, J.D., 2014 p.103); debido al reemplazo de bosques nativos por cultivos, pastizales, el abandono de los campos y la subsiguiente reforestación con árboles del género *Populus* (álamos), pueden aumentar considerablemente las emisiones, además las temperaturas registradas en los últimos años han variado de forma alarmante, aumentando su emisión. (MOLINA et al, 2014)

La importancia de este tipo de estudios como herramienta para la toma de decisiones en el área ambiental dentro los gobiernos locales, hace indispensable su ejecución; misma que es factible a pesar del recurso humano limitado, por lo que se implementa una tecnología sofisticada como el ARGIS para el diseño de mapas de las emisiones durante el año 2015.

Los datos se obtienen de las estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia, para aplicar la parte experimental con la técnica de observación directa y como instrumento la escala de Likert, además un análisis profundo de los datos obtenidos. (FUNDACIÓN N., 2009 p.12)

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Evaluar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Tungurahua en el año 2015.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el tipo de vegetación predominante de la provincia de Tungurahua que genera COVB's en el año 2015.
- Cuantificar las emisiones de isopreno, monoterpeno y otros compuestos orgánicos volátiles biogénicos, no metanogénicos de Tungurahua del año 2015.
- Identificar la incidencia de los COVB's sobre la capa de ozono.
- Comparar los resultados en base a normas y parámetros nacionales e internacionales.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Calidad del Aire**

La reducción de la calidad del aire es la derivación de varias anomalías, de causas y efectos vinculados entre sí, formando dos grandes grupos contaminantes atmosféricos y la actividad humana.

Obteniendo todos estos efectos sobre el ambiente y la salud, un aire libre de contaminantes se ha vuelto en un trabajo fundamental para el ambiente y de aplicación de nuevos proyectos para lograr así la sustentabilidad, ya que es una característica principal de la calidad de vida y se distingue como una demanda social creciente. (WAGNER, F., 2010 pp.664-671)

#### **2.2. Ozono Troposférico**

Ozono troposférico es un contaminante secundario que en gran parte se forma por reacciones en la atmósfera principalmente de: Monóxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV's). Estos COV's son expulsados en grandes cantidades a la atmósfera siendo un emisor importante la vegetación. (BOLIVAR, 2012)

Tomando en cuenta los contaminantes de emisiones industriales y vehiculares, en los últimos períodos de tiempo, los compuestos biogénicos también han sido considerados como contaminantes, varios investigadores han establecido que la vegetación como mecanismos de defensa generan cada vez más de este tipo de gases a la atmósfera. (CUICUILCO, 2014)

La emisión de tolueno y xileno se dan por las parafinas e hidrocarburos aromático, en la industria de obtención de productos disolventes y polímeros (SEMANAT, 2007). Las condiciones anticiclónicas en lugares urbanos e industriales emiten COV's por la quema de bosques, biomasa

o relámpagos que se mezclan en la tropósfera con el material particulado creando smog fotoquímico. (CUICUILCO, 2014)

La capacidad de los COV's para transportarse genera un gran problema a nivel continental aumentando la expansión de ozono. (CALDERON, 2002 pp.302-309)

Según la historia el ozono troposférico se creía controlado por el intercambio tropósfera-estratosfera, pero hoy en día se ha determinado que el tamaño de la capa troposférica tratando de alcanzar la superficie debido a que químicamente activa existe abundancia de ozono en épocas de primavera causando daños a seres humanos, vegetales y materiales. (SANHUENZA, H.D., 2001 p.26)

La principal reacción química para la formación del ozono troposférico es la fotólisis que en presencia de luz produce átomos de carbono y monóxidos de carbonos que se combinan rápidamente con terceras moléculas que adsorben energía vibracional formando O<sub>3</sub> (ozono), se considera atmósfera limpia entre 20-80 ppb (partes por billón) de SEINFELD, 1986. (VALENCIA J.D., 2014 p.44)

### **2.3. Cobertura y Uso de tierra**

Normalmente el uso de tierra se encuentra enmarcado dentro del desarrollo económico de las actividades humanas (NÚÑEZ. L , 2015 p.4); estrictamente hablando la cobertura de la tierra es evidente, fácil de identificar y se refiere a la existencia de elementos sobre la superficie terrestre sea de tipo natural o artificial.

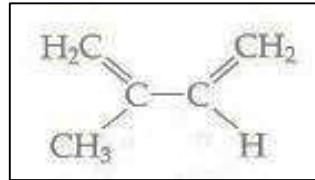
Tungurahua es una provincia situada en la Sierra del Ecuador, con una extensión de 340036.294 Ha a 262 metros sobre el nivel del mar, limitada por las provincias de Chimborazo, Pastaza y Cotopaxi. (MENA J, 2015)

Gran parte del suelo es netamente páramo, bosque nativo con una agricultura homogénea con presencia de cangagua y de diversidad de suelos. Su hidrografía posee varios manantiales y lagunas formadas con las aguas de los deshielos del Carihuayrazo que forma parte del nacimiento hidrográfico que conforma la cuenca del río Pastaza. (ACOSTA. R., 2005 pp. 29-42)

Dentro de la provincia se encuentran los siguientes cantones Cevallos, Mocha, Píllaro, Quero Ambato, Baños, Patate, Pelileo, y Tisaleo. (ACOSTA, 2014 pp. 54-55) Siendo su principal fuente económica el comercio, la industria y la agricultura.

## 2.4. Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico

### 2.4.1. Isopreno



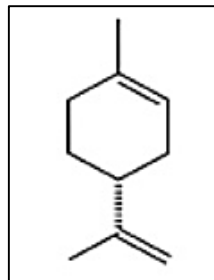
**Figura 1- 2.** Estructura de Isopreno

**Fuente:** FUNDACIÓN. Natura, 2009

El isopreno es un compuesto orgánico volátil no metanogénico de origen natural, se almacena en una variedad de plantas, con hojas de tipo perenne y caduca; cuando se encuentran expuestas a la radiación solar conocida como PAR (Radiación fotosintéticamente activa) en el espectro solar o longitud de onda en un rango de 0.40 y 0.70 micrómetros, su nivel de emisiones se amplía cuando sube la temperatura. (FUNDACIÓN. N., 2009 p.12)

Es emitido a la atmósfera desempeñando un rol de protección térmica foliar y química. Además trabaja de manera vinculada con los cloroplastos. (VALENCIA, 2014 p.44) En forma química es un compuesto orgánico sencillo con cinco carbonos y ocho hidrógenos (Figura 1-2) formando una amplia familia de terpenoides.

### 2.4.2. Monoterpeno



**Figura 2- 2.** Estructura del Monoterpeno

**Fuente:** Peñuelas, J., 2010

Los monoterpenos son expulsados por los árboles de hoja perenne de manera natural, con el fin de generar una protección ante herbívoros y patógenos, de igual forma para atraer insectos polinizadores; sus concentraciones aumentan durante el día y la noche cuando las temperaturas se elevan. Su estructura química es  $C_{10}H_{16}$  (Figura2-2); comprende las estructuras acíclica, mono, bi, y tricíclicas que pueden existir como hidrocarburos como el metanol, alcanfor, linalol y geraniol. (PEÑUELAS et al., 2010 pp.133-144)

### 2.4.3. Otros

En este campo está el acetaldehído, ácidos orgánicos, metilbutanol, metanol, acetona, entre otros. Se han hecho mediciones de acetaldehído en árboles sometidos a anoxia en raíces, hojas o tallos, y también en condiciones normales, se registró altas emisiones en la transición de luz a oscuridad, sus concentraciones son bajas de 1 a 2 ppbv (SANHUENZA. H. D., 2001 p.26) y su vida media es de un día después de ser oxidado por el radical OH.

Los ácidos orgánicos son arrojados por las plantas y microorganismos del suelo, también se forman por oxidación de alquenos biogénicos. Las concentraciones sobre los bosques tropicales son de 0.5 a 2 ppbv (SANHUENZA. H. D., 2001 p.26) equivalentes a las emisiones sobre los bosques templados caducifolios.

Este campo se divide entre reactivos:

- 2-metil-3-buteno
- Acetaldehído
- Formaldehído
- Ácido acético

Menos reactivos: (PARRA. R., 2003)

- Metanol
- Acetona
- Ácido fórmico
- Etanol



## **2.5. Función de los compuestos orgánicos volátiles**

Los COV's son procedentes de las plantas y algunos microorganismos mediante diversos procesos fisiológicos, especialmente son procedentes de varios tejidos vegetales (CUICILCO. I., 2014). Algunos pueden actuar como compuestos defensivos contra patógenos y contra animales herbívoros que puedan ser amenazas para las plantas; otros pueden actuar entre las distintas partes de una misma planta como combinaciones químicas de información, entre diferentes especies vegetales y animales. (LEÓN. J. M, 2003 pp. 376-399)

Nuevas posibles funciones de los compuestos orgánicos volátiles se relacionarán con la estabilización de la floración de las plantas vecinas, incluso los terpenos podrían estar asociados en el desarrollo de incendios forestales. (PEÑUELAS. J et al., 2010 pp. 133-144) La genética comprueba que en gran parte la producción de compuestos orgánicos volátiles es altamente específica de cada especie.

## **2.6. Efectos de radiación y temperatura**

La radiación solar puede favorecer al efecto invernadero, ser causante del estrés hídrico en las plantas en temporadas de sequía o verano; junto a altas temperaturas generan reacciones fotoquímicas y la formación de ozono troposférico.

Las temperaturas medias cambian entre - 2°C en los puntos más altos de la provincia y 30°C en los más bajos. Los cambios de temperatura fueron de 1,5 °C en años anteriores; se determinó para el 2030 un incremento del 1,6 a 1,8 °C (ACOSTA. L, 2014), estas variaciones en el factor climático son respuesta específica del cambio climático presente en la tierra.

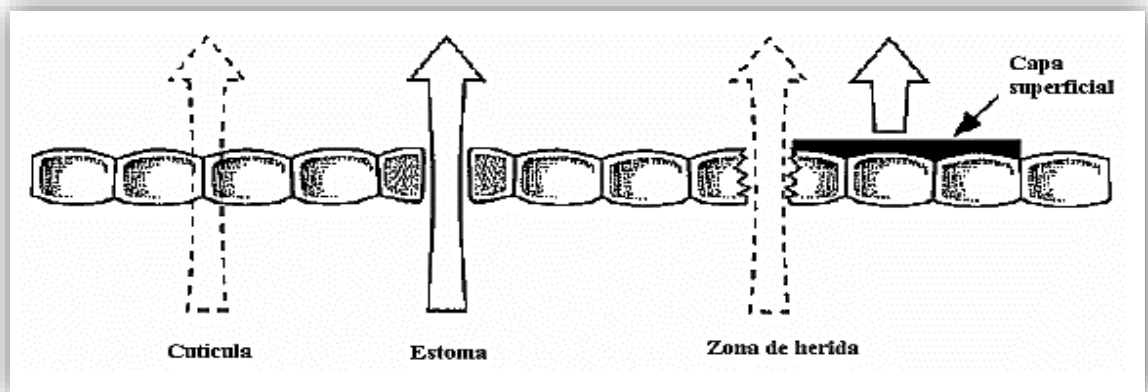
En las plantas el proceso fotosintético, el aumento de temperatura funciona de forma positiva con valores límites en la fijación del carbono atmosférico.

## **2.7. Mecanismos de emisión de los COVB's por las plantas**

Las plantas tienen mecanismos bioquímicos en partes específicas como tallos y hojas donde se elaboran los compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos, estos mecanismos forman parte de los procesos fisiológicos de la planta.

Como la fotosíntesis; su emisión se da por diferentes rutas de difusión entre estas tenemos la conductancia por medio de estomas, difusión a través de la cutícula de la epidermis de la hoja, evaporación y liberación desde capas superficiales formadas por heridas o daños físicos. (ARNETH. A, et al.,2008 pp. 150-162)

También se toma en cuenta la presión de vapor desde el comportamiento celular con concentraciones altas hacia el aire circulante de las hojas generando una emisión directa que por lo general se emiten de manera directa a la atmósfera. (FINLAYSON. P, 2011)



**Figura 3- 2.** Emisiones de los COVB's en la superficie foliar.

**Fuente:** FINLAYSON P, 2011

Los terpenos, metil salicilato entre otros son algunos compuestos que actúan como protección de las plantas de herbívoros y patógenos, también se relacionan con la producción de incendios debido a que otras funciones de los COVB's es la protección contra altas temperaturas. (BOLIVAR. D., 2012)

Existen otros mecanismos de emisión donde está la comunicación con el entorno biológico, físico y de planta-planta, atracción de polinizadores, dispersores de semillas, actúan como agentes reguladores de las plantas con alta presión de vapor (DINDORF. T, et al., 2006 pp1-15)

## **2.8. Especies Almacenadoras y no almacenadoras**

Una de los emisores de grandes cantidades de metano a la atmósfera son los bosques tropicales, una vez producidos los COVB's pueden ser almacenados en estructuras especializadas dependiendo de los compuestos y de las especies (BERNABÉ. E., 2004).

Por ejemplo, los terpenos son almacenados en los resiníferos de los pinos o tricomas glandulares de las mentas y su aportación rodean entre el 1 y 3% del peso seco; pueden llegar en casos extraños hasta 15 o 20%. (CALDERON. F, 2002 pp.302-309) Pero no siempre dependen de las condiciones ambientales sino de la genética de cada especie vegetal.

El almacenamiento interno en su mayoría provoca transigencia de difusión de los COV's, siendo más que especies no almacenadoras; pero se hallado que no existe gran diferencia de emisiones entre especies vegetales almacenadoras y no almacenadoras, sino depende de la temperatura y radiación para su emisión a la atmósfera, siendo este un control primario.

## **2.9. Inventario de emisiones de los COVB's**

Para poder realizar estos inventarios es fundamental conocer las condiciones del lugar de estudio uso del suelo, distribución de plantas y meteorología. Existen muchos modelos para describir la emisión de COVB's, como el Modelo de Emisión de Gases y Aerosoles de la Naturaleza (MEGAN, por sus siglas en inglés) desarrollado por Guenther et al. (2000). (ACOSTA. L, 2014)

En Ecuador se han realizado algunos estudios respecto a la emisión de compuestos orgánicos volátiles, uno de estos estudios es el realizado en la palma africana, titulado: *Contribution of oil palm isoprene emissions to tropospheric ozone levels in Distrito Metropolitano de Quito Ecuador* (PARRA et al., 2008) nos expresa la alta jerarquía de las emisiones de (COV's) por parte de la palma africana, enfocándose en las emisiones de isopreno para el año 2006, usando los siguientes escenarios: a) ausencia de la palma africana, b) plantaciones de palma africana en el año 2003, c) con una plantación proyectada al futuro. (PARRA et al., 2008)

Dos grupos de emisiones fueron usados: a) un grupo de rango medio de emisiones (mayor a 51  $\mu\text{g/g h}$ ) y b) un factor de emisiones de isopreno mayor (172.9  $\mu\text{g/g h}$ ). Los resultados demuestran que las áreas de palma africana aumentan y en el futuro pueden incrementar las concentraciones de ozono. (PARRA et al., 2008)

EL escenario c) con un mayor factor de emisión, provee anomalías horarias máximas de 17.8  $\mu\text{g/m}^3$  sobre la zona urbana. El escenario c) con un factor medio de emisiones, tiene como resultados de anomalías máximas horarias de 2.7  $\mu\text{g/m}^3$ . (PARRA et al., 2008) Existen inventarios de emisiones realizados por la CORPAIRE (Corporación para el mejoramiento del Aire de Quito) para los años 2003, 2005 y 2007.

En el año 2007 se realizó un estudio de las emisiones atmosféricas de la ciudad de Cuenca, en el cual se le atribuye a la vegetación un factor de emisión de 1593,7 toneladas de COV's al año que representa el 15.2 % de las emisiones de COV's totales del año 2007. (FUNDACIÓN. N., 2009 p.12)

Dicho proyecto se basa en un estudio realizado en Cataluña España titulado: Estimating the biogenic emissions of non-methane volatile organic compounds from the North Western Mediterranean vegetation of Catalonia, Spain, en el cual se determinan las emisiones de compuestos orgánicos, que excluyen al metano, de la vegetación. (FUNDACIÓN. N., 2009 p.12)

En el año 2010 se elaboró una investigación de “*Estimación de las Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de la vegetación del Ecuador durante el año 2010*” en Quito. Ecuador ( VITERI. R., 2012 pp. 1-115), en el cual se obtiene que las emisiones suben a 1855.6 kt a-1 en total, donde 1278.6kt a-1 de isopreno y la especie vegetal (*Capparis mollis*) con mayor factor de emisión, 427.6 kt a-1 a los monoterpenos reportando que el tomate riñón posee 28.2  $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$  siendo el factor más alto de emisión, por último 149.3 kt a-1 para los otros compuestos orgánicos volátiles donde no se determina el factor de emisión más alto por la falta de información existente.

Es importante señalar que el Ecuador, no tiene estaciones climáticas determinadas por localizarse en el trópico, por esto las emisiones se muestran en variaciones el año. (VITERI. R., 2012 pp. 1-115)

En el año 2010 realizado por el MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador) está “*Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro*” e (Molina Chávez, Gordillo Cueva, & Chris, 2014) donde describe la alineación del patrón de emisiones en los nueve cantones, incluyendo un análisis cualitativo de la incertidumbre.

Mientras la información se generaba se desarrolló este inventario con un enfoque bottom – up de prioridad, pero durante su elaboración fue necesario combinar con el enfoque top - down. Las emisiones de COV de la vegetación y de PM<sub>10</sub> por erosión eólica, fueron estimadas para el territorio completo de las mallas de emisiones.

Esto se fue realizando para cada cantón. Las emisiones del tráfico vehicular se constituyeron diferenciando seis clases para los vehículos a gasolina, y cinco para los vehículos a diesel. Para cuatro de las categorías de vehículos de gasolina se hizo una subcategorización en base al tamaño del motor. (MOLINA. R et al. 2014)

En el año 2010 existe el estudio “*Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de origen Biogénico y su contribución a la dinámica atmosférica*” realizado en Santa Marta, Colombia ( CAMARGO. C et al., 2010 pp.77-86), donde se considera oportuno crear con certeza los niveles de contribución de las emisiones de COVB y su correlación con el calentamiento global y los fenómenos asociados, pues estar pendiente del efecto global del peso relativo y de las escalas espacio-temporales de las interacciones positivas y negativas, se necesitaron investigaciones aplicadas e interdisciplinarias.

En consecuencia, resulto oportuno modelar estas emisiones para entender en tiempo real como interactúan con las emisiones antrópicas y la atmósfera y así establecer medidas coherentes para el seguimiento y control de la contaminación del aire.

No obstante los estudios de fuentes de emisión, efectos y mecanismos de control de COVB han aumentado significativamente en los últimos años y que se pueden efectuar predicciones aproximadas de las emisiones actuales y de las respuestas a los futuros cambios ambientales mundiales; es claro que aún queda mucho más por investigar sobre las funciones que desempeñan los COVB en el ambiente y en particular en la dinámica. (CAMARGO. C et al., 2010 pp.77-86).

En el año 2015 se elaboró “CALIDAD DEL AIRE EN QUITO” Informe Anual: El ozono troposférico (O<sub>3</sub>) en Quito, se han registrado las concentraciones de ozono más altas durante los meses de agosto y septiembre, coincidiendo con el equinoccio y características meteorológicas propicias para una mayor insolación. Los meses con menores concentraciones de ozono fueron junio y julio. (CAMARGO. C et al., 2010 pp.77-86),

Durante los meses de febrero, septiembre y diciembre, se tuvieron concentraciones octohorarias de ozono superiores a las máximas registradas en los últimos cinco años. Se registraron en Guamaní el 22 de febrero y el 14 de septiembre, en todas las estaciones monitoreadas debido a los incendios forestales ocurridos en la época seca.

La mayoría de sectores monitoreados, se observa que las concentraciones de ozono se mantienen constantes, a excepción de los sectores de Tumbaco y Belisario. En estos sectores, se observa un comportamiento cíclico relacionado con las condiciones meteorológicas presentadas (radiación solar) y los gases contaminantes que se encuentren en el sector. (DÍAZ. S., 2016)

En el año 2015 se presentó “*Informe de la Calidad del Aire de Cuenca, año 2015*” donde un 90 % de su concentración se distribuye en la estratosfera (capa de la atmósfera que se localiza sobre la troposfera) y el restante 10% reside en la troposfera (capa de la atmósfera en contacto con la superficie terrestre. Las concentraciones octohorarias de O<sub>3</sub>. . (DÍAZ. S., 2016)

El 13 y 14 de septiembre se registraron concentraciones de 100.1 µg/m<sup>3</sup> y 100.5 µg/m<sup>3</sup> respectivamente; sobrepasando ligeramente la NCAA y la guía de la OMS (100 µg/m<sup>3</sup>). En los demás días los registros fueron menores a la concentración Y El promedio del año 2015 del O<sub>3</sub> (44.61 µg/m<sup>3</sup>) es mayor a los promedios de los años 2008 hasta 2014. (AGUILAR. A. et al., 2016)

En el año 2010 se realizó el “*Análisis de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de Origen Biogénico (BVOCS) en Bosque Tropical Amazónico*” en Lima, Perú (LIMONCHI. T, 2010) donde se comprobó que los sistemas de muestreo dinámico o de captura por arrastre, son métodos cuantitativos adecuados para la detección de volátiles en el laboratorio y en campo.

Sin embargo, si bien el método de procesamiento de muestras vía elución por solvente demostró ser válido para los análisis en laboratorio, no lo fue así para el trabajo de campo, presumiblemente debido a la baja concentración de volátiles en la zona de monitoreo elegida.

Las matrices Porapak Q y Carbograph pueden ser manejadas para el monitoreo en campo, pero lo más apropiado es usar la matriz de Carbograph, ya que presenta mejores condiciones de fijeza térmica, lo que facilita su correcta activación y acondicionamiento previo al monitoreo.

En la zona de muestreo delimitada para el trabajo de campo, sí se encuentra una emisión de BVOC's, aunque en bajas cantidades. Por lo que las emisiones son identificables mediante el uso de otras técnicas de análisis (desorción térmica directa del cartucho). (LIMONCHI. T., 2010)

En el año 2012 se implementó el "*Estudio de Compuestos Orgánicos Volátiles Biogénicos de especie arbóreas: crecimiento e incidencia en la química troposférica*" en Santiago de Chile (Bolívar, 2012), donde *Quercus suber* o la *Quijalla saponaria* emiten mayores concentraciones de COVB's en su etapa de desarrollo que en su edad madura.

Puede estar coligado al desarrollo del área foliar y con ello a la organización de los cloroplastos y posiblemente, al proceso de fotosíntesis de los árboles. La emisión de este compuesto representa en el *Quillay* adulto, joven y pequeño un 42%, 48% y 58% respectivamente. El isopreno emitido por el *Alcornoque* adulto, joven y pequeño concierne un 30%, 43% y 60%, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con diversos estudios que demostrarían que el factor de emisión del isopreno es más elevado que la sumatoria de los monoterpenos. Es posible que esto se deba a la mayor facilidad de síntesis del isopreno, comparada con la de los monoterpenos. (BOLIVAR. D., 2012)

En el año 2014 el "*Estudio de compuestos orgánicos volátiles biogénicos en un área de fondo rural*" en Bilbao, España donde se expresó el porcentaje de distribución de los monoterpenos en cada pico, manejando patrones individuales líquidos y un patrón gaseoso certificado NPL (concentración certificada). Se obtiene, entonces, de  $\alpha$ -pineno un 20 % en el pico monoterpeno 3 (isopropilbenceno), un 55 % en el pico monoterpeno 1 (santolina trieno) y el 25 % de  $\alpha$ -pineno junto con el 100 % de  $\Delta^3$ -careno, limoneno y 1,8-cineol, en el pico denominado monoterpenos 2 (o-cimeno).

Se recolecto muestras de aire ambiente en tubos relleno de Tenax TA y, posteriormente, se analizaron en GD-FID, es posible identificar los compuestos biogénicos ( $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\Delta^3$ -careno, limoneno y 1,8-cineol). En general, con este estudio se han identificado tres picos cromatográficos que son producto de la degradación de los compuestos biogénicos cuando se analizan en un sistema GC-FID, como derivación de su alta reactividad.

La contribución de la información descrita se aplica a nuestra base de datos con el fin de estudiar los monoterpenos que se generan en los meses de verano (mayo-octubre), cuando aumenta la temperatura y se incrementan los niveles de radiación solar, contribuyendo así a los niveles de ozono. (RAMÓN. J, 2014 p. 103)

## **2.10. Escala de Reactividad**

Existen cuatro métodos utilizados para elaborar escalas de reactividad: los análisis en cámaras de smog, las capacidades de reacción con radical hidroxilo de los COVs, los modeladores de simulacro del aire para su calidad y los mecanismos químicos detallados, mismo que se detallan a continuación.

- Análisis cámara smog: Es una simulación de las condiciones atmosféricas, con las concentraciones de los COV's, NO<sub>x</sub>, otros contaminantes, radiación y temperatura, su desventaja es que no se producen en condiciones reales de la atmósfera, por lo que se utiliza para conocer la actividad fotoquímica de los COV's. (FINLAYSON. P, 2011)
- Escala de Reactividad: Basada en el ataque del radical hidroxilo en velocidades constantes es limitada porque no forman todas las reacciones completas que ocurren en los COV's, son muy útiles para predecir los tiempos de vida en la troposfera de los COV's así a más átomos de carbono, aumenta la reactividad. (FINLAYSON. P, 2011)
- Modelo de Simulación de calidad de Aire: Diseñado a base de las cámaras de smog estima modelos de O<sub>3</sub> formado en mol de carbono de cada especie de manera individual. Es aceptada por la escala de MIR (Maximum Incremental Reactivity) que describe todas las reacciones fotoquímicas en donde se define el coeficiente observado en el ozono formado por el COV's determinado con una constante de 100. (Acosta, 2014). La limitación de este modelo son las diversas reacciones que tienen; la química heterogénea que presenta no hay certeza de las pérdidas del gas azul en el espacio de aerosoles (SIMPSON, 1999 p. 6)

## **2.11. Efectos en la Salud Humana**

Pocos estudios han realizado la cuantificación, identificación y determinación de los COV's en zonas rurales donde predominan la vegetación, por el contrario, se conoce que el smog

fotoquímico pasa los nivel de concentración siendo un gran problema para el ser humano dentro del área urbana. (VALENCIA. J, 2014 p. 44)

Muchos COV's producen efectos sobre la salud humana debida por su efecto narcótico, o su olor (CALDERON. F, 2002 pp. 302-309). Su interés directo son los que muestran efectos carcinogénicos como es el 1,3-butadieno y el benceno, sienten estos agentes inductores de leucemia, o los hidrocarburos policíclicos aromáticos, clasificados como carcinogénicos y mutagénicos. (CALDERON. F, 2002 pp. 302-309).

En general el hígado, los riñones órganos del aparato nervioso central pueden verse afectados a causa de la exposición prolongada a los compuestos orgánicos volátiles (BERNABÉ. E., 2004).

La exposición a un tiempo temporal logra ocasionar reacciones alérgicas de la piel, irritación de los ojos, mareo, trastornos visuales, pérdida de coordinación, afección a las vías respiratorias, dolor de cabeza trastornos de la memoria, náusea y fatiga (SEMANAT, 2007).

La contaminación por ozono es un problema significativo porque los pulmones no concluyen su desarrollo sino hasta que la persona tengo los 18 años de edad. Como resultante, es la principal causa de las enfermedades respiratorias en los adultos, siendo un alto riesgo a la salud. (SEMANAT, 2007)

Los hidrocarburos aromáticos (tolueno, benceno, aromáticos clorados o benzonitrilo, xilenos) llegando así a ser peligrosos por su volatilidad, de manera específica tenemos al benceno (SANHUENZA. H., 2001 p. 26), además el benceno es uno de los más conocidos cancerígenos para el humano, encontrándolo más en: la pintura, también en resinas, detergentes, aceites, explosivos, productos farmacéuticos, plásticos y otros. (BERNABÉ. E., 2004).

Generalmente la gasolina, la cual contiene aproximadamente un 1% de benceno es expulsado al ambiente mediante a la combustión.

El hígado metaboliza al benceno para crear diferentes tipos de metabolitos, como muconaldehido (2,4-hexadienodial), el cual se une de modo covalente tanto a diferentes proteínas y a cadenas de ADN, por lo que su expansión tiene efectos mutagénicos duraderos y teratogénicos y se encuentra ligado con el crecimiento en la población de leucemia, comprobándose en estudios de laboratorio. (PEÑUELAS. J et al., 2010 pp. 133-144)

Estudios realizados en humanos y animales se ha comprobado que la inhalación de benceno causa una unidad de peligro para el cáncer de  $8,3 * 10^{-6}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (LEÓN, 2003).

Se estima que el 70-75% del riesgo de cáncer se debe a compuestos como el benceno, 1,3 butadieno y formaldehído (MORELLO. F. et al., 2006 pp. 155-198). El humo del tabaco contiene



benceno. Por otra parte, los tapices son un nacimiento muy importante de formaldehído y benceno. Un tapete común llega a contener alrededor de 120 químicos distintos.

Los alcoholes (n-propanol, o isopropanol, metanol, etanol) son un disolventes ideal tonante a verde, aunque su inflamabilidad y volatilidad, puede originar problemas de irritación en los ojos, falta de concentración, dolencias de la cabeza o agotamiento si existe una exposición extensa. (LEÓN. J , 2003 pp. 376-399).

Los éteres (principalmente THF, el éter dietílico o el tetrahidrofurano) tienen una extremada volatilidad, utilizan para diluir solventes orgánicos muy a menudo, pues se señala la eventualidad de establecer peróxidos inestables pueden excluir con facilidad por una simple destilación. (EPA, 2003)

Posteriormente, los disolventes tipo o hexametilfosforamida (HMPA), N-dimetilformamida (DMF), 2-butanona, acetonitrilo, dimetilsulfóxido (DMSO) o acetona son usuales en cualquier laboratorio de orgánica, no están libre de eventualidades; las cetonas presentan una particular parecido a los éteres; acetonitrilo consigue inhabilitar el aparato respiratorio. (MORELLO. F. et al., 2006 pp. 155-198).

El DMSO produce inflamaciones y mala actividad hepática, la DMF puede ocasionar impotencia en las personas y deterioros renales o hepáticos siendo esto muy grave; y finalmente la HMPA, aunque es menos volátil, además afecta a los pulmones y riñones de manera brusca. (MORELLO. F. et al., 2006 pp. 155-198).

El formaldehído es un gas sin color usado por muchos materiales de la edificación y productos relacionados como pegamentos, resinas, (MORELLO. F. et al., 2006 pp. 155-198) no pertenece dentro de esta jerarquía, tomando en cuenta su toxicidad está el formaldehído. En la elaboración de uera sintética se utiliza como principal producto químico.

Dentro del sistema inmunológico actúa como sensibilizador siendo las reacciones las alergias e intolerancia a sustancias no relacionadas, si la manifestación es permanente. (EPA, 2003)

La enfermedades terminales están el cáncer de pulmón y nasofaríngeo. El factor de riesgo de dosificación se ha estimado en  $1,3 * 10^{-5}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), como síntomas son tos, asma y bronquitis. La inhalación permanente a este químico. (BOLIVAR. D, 2012)

## **2.12. Efecto de las emisiones de COVB's sobre el clima.**

Los COVB's aportan a llenar la atmósfera de hidrocarburos, las concentraciones emitidas normalmente son semejantes a la suma de las emisiones biogénicas y antropogénicas de metano. (GUENTHER et al., 1995).

Muchos de los estudios de los impactos de las emisiones de COVB's están enfocados en los cambios de la capacidad oxidativa de la atmósfera, ya que los COV's influyen en la oxidación de la troposfera, pues alteran las concentraciones de su oxidante, el radical hidroxilo. (PEÑUELAS. J et al., 2010 pp.133-144).

Los COVB's generan una amplia cantidad de aerosoles orgánicos que pueden tener una considerable influencia sobre el clima por formar núcleos de condensación. Como resultado, se puede esperar un enfriamiento neto de la superficie de la tierra (SIMPSON, 1999).

Se ha descrito que los COVB's contribuyen en cambio a retrasar el enfriamiento nocturno en áreas con masas de aire relativamente secas y fotosíntesis activa. (EPA, 2003).

Además, se han documentado inversiones térmicas nocturnas importantes en lugares cubiertos por grandes emisores de terpenos, se han reinterpretado estos retrasos en las pérdidas de calor y calentamiento en la baja atmósfera como resultado del efecto invernadero de algunos COVB's, un efecto que parece sólo detectable cuando éstos son muy abundantes. (FINLAYSON, 2011)

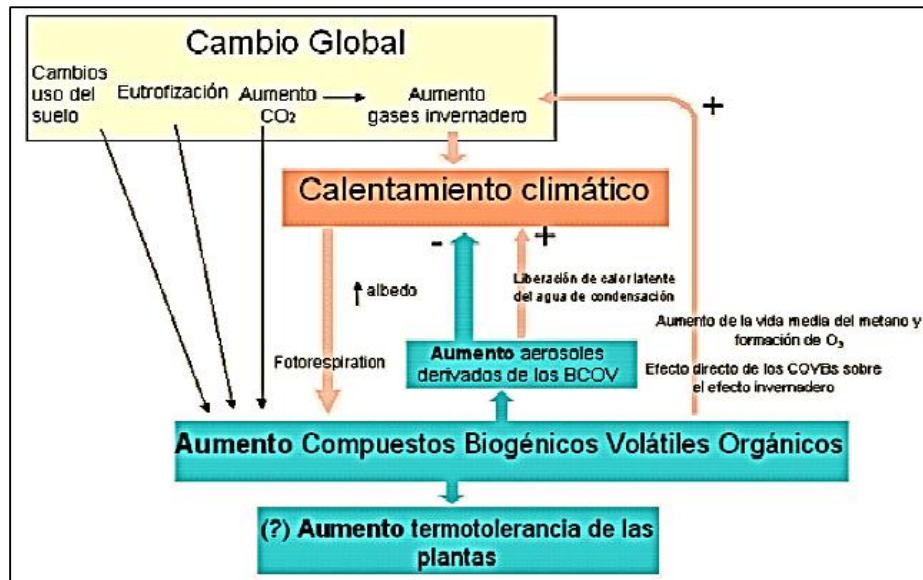
Debe también considerarse su efecto invernadero indirecto a nivel global, ya que los COVB's alargan la vida media del metano en la atmósfera o favorecen la producción 25% de ozono, y por tanto contribuyen al aumento del efecto invernadero de estos otros gases. (SEMANAT, 2007)

### **2.13. Efectos del cambio climático sobre las emisiones de los COVB's**

La constancia de estos compuestos en la atmósfera va desde 30 min hasta 3 horas (SEMANAT, 2007). Si se comparan las cantidades de exposiciones con las emisiones dadas por las actividades antropogénicas se magnifican de manera superior y han determinado en gran medida la evolución de los ecosistemas.

El O<sub>3</sub> troposférico se despliega sobre los dobles enlaces de los COVB's produciendo el biradical Criegee (FINLAYSON, 2011). El biradical Criegee es inestable, altamente reactivo y presenta capacidad oxidativa que al transformarse forma radicales OH, siendo una fuente importante durante la noche cuando las reacciones fotoquímicas no tienen lugar.

Para la estabilización de este radical se puede ocurrir a una colisión o una descomposición como éster, hidroperóxido o eliminación de un oxígeno. Las diferentes vías de descomposición generan una serie de radicales y compuestos oxigenados (Figura 4-2). (CALDERON. F, 2002 pp. 302-309)



**Figura 4- 2.** Diagrama Esquemático del Cambio Climático.

Fuente: SAMANAT,2007

Producción de ácidos orgánicos en forma de aerosoles tiene alcance en el cambio del clima y el enfriamiento neto de la superficie de la tierra (PEÑUELAS. J. et al., 2003 pp. 133-144).

Efectivamente Shallcross y Monks han apuntado que las plantas pueden emitir isopreno en fracción para enfriar su contorno a través de la formación de aerosoles, muy aparte de cualquier otro desarrollo fisiológico o evaporativo que pueda enfriar la planta directamente.

En la actualidad existen pocos estudios que permitan conocer la interacción entre la atmósfera y biosfera. Por lo demás aceleran el ciclo del carbono causando efectos como cambio del uso de suelo (LEÓN, 2003)

## **2.14. Factores que influyen en las emisiones de los COVB's**

Existen muchos factores que interceden en las emisiones de las especies vegetales y son causa de la incertidumbre en la cuantificación de las mismas; conociendo que los más influyentes son la temperatura y radicación solar, por ende y no de menor importancia están los procesos fenológicos propios de la especie, así como los entornos de estrés provocadas a la planta (CAMARGO. C et al., 2010 pp. 77-86).

En su mayoría han sido estudiados en laboratorios con parámetro de control y no en las condiciones naturales que emiten los vegetales. (BERNABÉ. E., 2004)

## **2.15. Normativa legal**

### **2.15.1. Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución fue aceptada el 28 de septiembre del 2008 y luego publicada con el Registro Oficial N.449 el 20 de octubre del 2008, que establece al Ecuador como un Estado de derechos y justicia, social, soberanía, autónomo, intercultural, plurinacional y laico. . (ASAMBLEA. G, 2011)

La Constitución de la República del Ecuador decreta un Ambiente Sano, Derechos de la Naturaleza, que son patrimonios inalienable, irrenunciable e imprescriptible del territorio del estado. Artículo 14. Derecho a vivir en un territorio sano y equilibrado donde los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad genética de un país, con la recuperación de espacios naturales destruidos. Artículo 15. (ASAMBLEA. G, 2011)

El uso de tecnologías limpias y de energías de bajo impacto ambiental, se prohíbe el mal uso y desarrollo de las mismas que puedan afectar a la salud humana, soberanía alimenticia y los ecosistemas en el territorio nacional. Artículo 276.-4 Recuperar y conservar la naturaleza, tener un control permanente de la calidad del agua, aire y suelo. Artículo 399. La instrucción integral sobre el ambiente está sobre la defensoría del ambiente y la naturaleza. (ASAMBLEA. G, 2011)

### **2.15.2. Ley de Gestión Ambiental**

La Ley de Gestión Ambiental fue establecida en 1999, durante esta reciente “etapa ambientalista” de la evolución de la institucionalidad ambiental en el Ecuador. La ley “establece los lineamientos de política ambiental y principios; determina responsabilidades, niveles de cooperación en la parte pública y privada en el servicio ambiental, los deberes y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.” (Art. 1-4) (MAE, 2004)

La Constitución del 2008 en el artículo 395, Segundo Capítulo, sobre Biodiversidad y Recursos Naturales, del título VII sobre el Régimen del Buen Vivir, reconoce entre sus principios ambientales: la transversalidad de las políticas de gestión ambiental, así como la responsabilidad, en la organización, realización, y inspección de toda actividad que creen impactos ambientales. A su vez. Si bien la Ley de Gestión Ambiental fue modificada por última vez en el 2004, antes de la vigencia de la constitución actual, las disposiciones legales guardan armonía con la constitución. (MAE, 2004)

En el Capítulo II de esta ley se habla de la estimación de impacto ambiental y del control ambiental, en la que deberá constar la valoración de peligros, procedimientos de manejo ambiental, métodos de monitoreo, métodos de amortiguamiento y contingencia, planes de abandono y auditorías ambientales, para que de esta manera los proyectos puedan llevarse a cabo y cumplan con el principio de sustentabilidad. (MAE, 2004)

### **2.15.3. Ley De Prevención Y Control De Contaminación Ambiental.**

Según el Registro Oficial Suplemento N° 418 el 10 de septiembre del 2004, esta ley es la que tutela y protege al ambiente, a pesar de existir ya en la Constitución de la República del Ecuador, capítulos especiales y artículos en los que se tratan explícitamente del medio ambiente, su cuidado y manejo adecuado; en esta ley se procura el bienestar ambiental y el control de las actividades que puedan afectar al mismo. (CONGRESO. N., 2004)

El Capítulo I, Art. 2. Efectos de las fuentes de contaminantes atmosféricos que pueden ser artificiales o naturales. Art.3 Las emanaciones de fuentes fijas o móviles que produzcan contaminación estarán sujetos a estudios y control determinados por esta ley. Art. 4. Ejecutar programas con el ministerio de salud y otras instituciones para prevenir y controlar las emanaciones atmosféricas. (CONGRESO. N., 2004)

Es importante recalcar que en esta ley se menciona la presentación de estudio de impacto ambiental para la realización de proyectos, para que de esta manera se determine si es viable o no el desarrollo del mismo a partir de la determinación de las emisiones atmosféricas. (CONGRESO. N., 2004)

#### **2.15.4. Acuerdo 061**

Actualizada el 4 de mayo del 2015. Está compuesta por 9 libros que son: Libro I, de la Autoridad Ambiental; Libro II, de la Gestión Ambiental; Libro III, del Régimen Forestal; Libro IV, de la Biodiversidad; Libro V, de la Gestión de los Recursos Corteros; Libro VI, de la Calidad Ambiental; Libro VII, del Régimen Especial: Galápagos. (BARREZUETA, 2015)

Libro VIII, del instituto para el Eco desarrollo Regional Amazónico ECORAE; y Libro IX, del Sistema de Derechos o Tasas por los Servicios que presta el Ministerio de Ambiente y por el uso y aprovechamiento de bienes nacionales que se encuentren bajo su cargo. (BARREZUETA, 2015)

Según la reforma a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión de 1 de febrero del 2011, consta en el Anexo 4 del Capítulo VI de la actual regla técnica constituye: los objetivos de calidad del aire ambiente; los parámetros permitidos de los contaminantes, juicios y contaminantes no convencionales del aire ambiente; y los procesos e instrucciones para la valoración de los contaminantes en la atmósfera. (BARREZUETA, 2015)

#### **2.15.5. Acuerdo 050**

Es la norma de calidad del aire ambiente o nivel de emisión del Libro VI Anexo 4 estableciendo los objetivos de la calidad del aire ambiente, los parámetros permisibles de los contaminantes criterio y contaminantes no convencionales del aire ambiente, también esta los procesos y operaciones para la determinación de los contaminantes en la atmósfera. (AGUGUAÑA. M., 2011)

Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Se determinan de monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado PM<sub>10</sub>. (AGUGUAÑA. M., 2011)

**Tabla 1-2** Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alarma y de emergencia en la calidad del aire

<b>CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO</b>	<b>ALERTA</b>	<b>ALARMA</b>	<b>EMERGENCIA</b>
<b>Monóxido de Carbono</b> Concentraciones promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	15000	30000	40000
<b>Ozono</b> Concentraciones promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	400	600
<b>Dióxido de Nitrógeno</b> Concentraciones promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1000	2000	3000
<b>Dióxido de Azufre</b> Concentraciones promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	200	1000	1800
<b>Material Particulado PM 10</b> Concentraciones promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	250	400	500
<b>Material Particulado PM 2.5</b> Concentraciones promedio en ocho horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150	250	350

Fuente: NÚÑEZ, Lorena, 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

### 2.15.6 Guías de calidad de aire de la OMS relativos al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre

Su última actualización mundial 2005 basa el cálculo de los contaminantes tomando en cuenta las concentraciones de ocho horas y los niveles elegidos, con el objetivo de orientar en la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud. (OMS, 2005)

Tomando como base una evaluación de las pruebas científicas acumuladas, aportando información a los encargados de la formulación de políticas que se plantean diversas opciones para la gestión de la calidad del aire en distintas partes del mundo en relación con los objetivos planteados. . (OMS, 2005)

**Tabla 2-2.** Guía de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedio para el ozono: concentraciones de ocho horas.

	<b>Medida máxima diaria de ocho horas (<math>\mu\text{g}/\text{m}^2</math>)</b>	<b>Fundamentos del nivel elegido</b>
Niveles Altos	240	Efectos significativos en la salud: proporción sustancial de la población vulnerable afectada
Objetivo intermedio-1 (O1-1)	160	Efectos significativos en la salud: no suministra una defensa adecuada de la salud pública. A este nivel está asociada la inhalación con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos funcionales e inflamatorios en los pulmones de adultos, jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos en un periodo de 6,6 horas.</li> <li>• Efectos en la salud de los niños (basados en diversos estudios de campamentos de verano en que los niños estuvieron expuestos a niveles ambientales de ozono)</li> <li>• Aumento estimado del 3,5% de la mortalidad diaria (basado en estudios de series cronológicas diarias)</li> </ul>
Guía de calidad de aire	100	Proporciona un amparo apropiado de la salud pública, si bien pueden originar algunos efectos en la salud por debajo de estos parámetros, la exposición de ozono está vinculado con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un aumento estimado de 1-2% de la mortalidad diaria (basada en los resultados de estudios de series cronológicas diarias)</li> <li>• La extrapolación a partir de estudios de laboratorio y campo, basada en la probabilidad de que la exposición de vida real tienda a ser representativa y en que se excluyen de los estudios de laboratorio las personas muy sensibles o con problemas clínicos, así como los niños</li> <li>• La probabilidad de que el ozono ambiental sea marcador para los oxidantes relacionados con él.</li> </ul>

**Fuente:** EPA, 2003

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016



## CAPITULO III

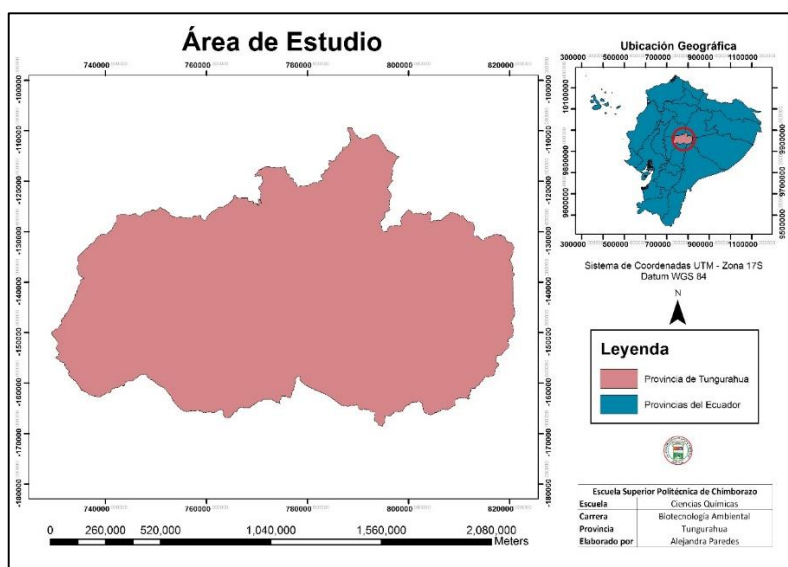
### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Zona de Estudio

El proyecto se encuentra ubicado en la Provincia de Tungurahua con una superficie 340036.294 Ha, limitada por las provincias al norte Napo y Cotopaxi; al sur: Morona Santiago y Chimborazo; este Pastaza y al oeste Bolívar y Cotopaxi y (DÁVALOS. H, 2010).

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

- Coordenadas proyectadas: Datum WGS 84 – Zona 17S
- Sus coordenadas son Y: 9863561 X: 765221 UTM.
- La altura oscila entre 2200 y 3700 mmsm.



**Mapa 1- 3** Ubicación geográfica del área de estudio

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

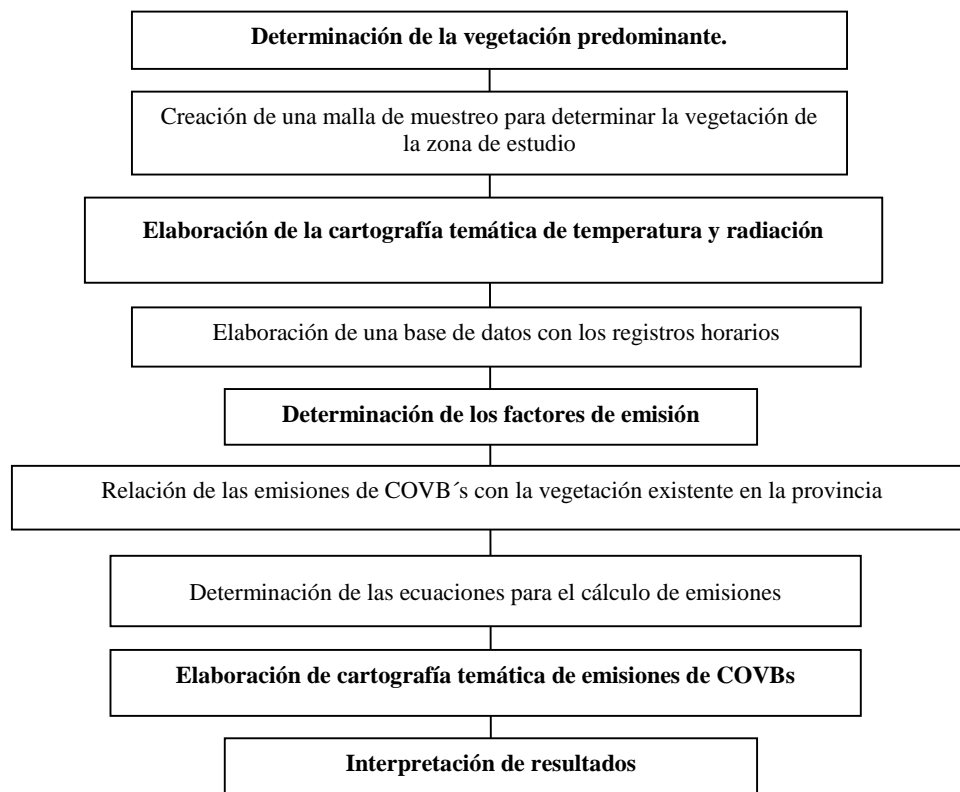
### 3.1.2. Materiales

Computador, software ArcGis 10.1, base de datos de la Universidad de Lancaster y de la Universidad de las Fuerzas Armadas, Base de datos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Tungurahua (INAMI), shapefile de la provincia de Tungurahua: Mapa de uso de suelos (SENPLADES).

### 3.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental con observación directa, ya que se realizó la recopilación de información base de la provincia, para implementar las ecuaciones establecidas para conocer la emisión anual de los COVB's, representado en cartografía temática.

#### 3.2.1. Esquema del proceso.



**Figura 1- 3.** Esquema del proceso

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

### **3.2.1.1. Procedimientos**

#### **3.2.1.1.1. Determinación de la vegetación predominante**

##### **3.2.1.1.1.1. Elaboración de cartografía base**

La elaboración de la cartografía base se realizó a partir de la información base en formato shapefile de la provincia de Tungurahua, facilitado por SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador), se elaboró un mapa de usos de suelo para saber la distribución y el área que ocupa la vegetación dentro de la misma.

Posteriormente se diseñó una malla cuadrícula, con un cuadrado base de 2.5 km<sup>2</sup> para la provincia, esta malla se interpoló con el mapa de usos de suelos, asignándole a cada cuadrado el uso de suelo predominante correspondiente como información base.

##### **3.2.1.1.1.2. Asignación de las especies vegetales por uso de suelos.**

La asignación de la especies vegetales se elaboró con el mapa de uso de suelos; se determinaron las especies vegetales presentes dentro de cada uno de ellos, de acuerdo a su cobertura, las especies se describen a continuación (Tabla 1-3) , algunas de estas fueron obtenidas del estudio de Bolívar,( 2009) el estudio de calatuña J & J, (2010) , la mayoría de uso de suelos en la investigación de Acosta Rivera, (2005) y actualizada con las la investigación de la cuenca alta de la provincia Mena J,( 2015)

**Tabla 1-3** Especies vegetales por uso de suelo de la Provincia de Tungurahua.

Uso de Suelo	Especie
Área poblada	<i>Cynodon dactylon</i> , <i>Melissa officinalis</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Helianthus annuus</i> , <i>Lilium</i> , <i>Dalia</i> , <i>Geranium</i>
Cultivo Permanente	<i>Malus domestica</i> , <i>Pyrus communis</i> L, <i>Persea Americana</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Solanum quitoense</i> , <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus × aurantium</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Prunus salicifolia</i> , <i>Citrus limonum</i> Risso , <i>Coffea sp.</i> , <i>Annona cherimola</i> , <i>Carica pentagona</i> , <i>Passiflora ligularis</i> , <i>Curuba</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Cyphomandra betacea</i> , <i>Lycopersicon/Lycopersicum</i> , <i>Nertera granadensis</i> , <i>Prunus persica</i>
Cultivo semi-permanente	<i>Phaseolus vulgaris</i> L, <i>Brassica oleracea</i> , <i>Lactuca sativa</i> L, <i>Apium graveolens</i> , <i>Coriandrum sativum</i> , <i>Petroselinum crispum</i> , <i>Lactuca sativa</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>
Páramo	<i>Cinchona</i> , <i>Polylepis</i> , <i>Barnadesia</i> , <i>Azorella pedunculata</i> , <i>Pernettya prostrata</i> , <i>Werneria sp</i> , <i>Hypochaeris sessiliflora</i> , <i>Gentiana sedifolia</i> , <i>Huperzia crassa</i> , <i>Halenia weddeliana</i>
Bosque nativo	<i>Alnus acuminata</i> , <i>Mycianthes</i> , <i>Baccharis</i> , <i>Miconia cladonia</i> , <i>M. dodsonii</i> , <i>Ilex ssp</i> , <i>Weinmannia fagaroides</i> , <i>Junglans</i> , <i>neotropica</i> , <i>Cinnamomum palaciosii</i> , <i>Buddleja</i>
Pastizal	<i>Disterigma acuminatum</i> , <i>D. alaternoides</i> , <i>Themistoclesia epiphytica</i> , <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Bromus lanatus</i>
Cultivo anual	<i>Triticum spp</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Allium sativum</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Allium cepa</i> , <i>Allium fistulosum</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Rubus glaucus</i>
Mosaico agropecuario	<i>Lupinus cf</i> , <i>Solanum tuberosum</i> , <i>Oxalis tuberosa</i> , <i>Pisum sativum</i> , <i>Beta vulgaris</i>
Vegetación arbustiva	<i>Lespedezoides</i> , <i>Monticalia cf</i> , <i>Peruviana</i> , <i>Gynoxys sodiroi</i> o <i>Gynoxys hallii</i> , <i>Baccharis macarcantha</i> , <i>Delphinium</i> , <i>Ullucus tuberosus</i>
Plantación forestal	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill, <i>Pinus</i> L, <i>Olea uropea</i> , <i>Eugenia sp</i>
Natural	<i>Aster alpines</i> , <i>Limonium sinuatum</i> , <i>Rosa spp</i> , <i>Zantedeschia aethiopica</i> , <i>Orchidaceae</i> , <i>Moluccella laevis</i> , <i>Urtica</i> , <i>Chamaemelum nobile</i> , <i>Mentha</i> , <i>Pimpinella anisu</i> , <i>Plantago major</i> , <i>Dianthus caryophyllus</i>
Vegetación herbácea	<i>Gunnera magellanica</i> , <i>Carex pichinchensis</i> , <i>Bidens andicola</i> , <i>Pernettya próstata</i> , <i>Azorella aretioides</i> , <i>Hypericum laricifolium</i> , <i>Gynoxys sp</i> , <i>Hypochaeris sessiliflora</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Vaccinium floribundum</i> , <i>Agrostis breviculmis</i> , <i>Aloysia citriodor</i> , <i>Vicia andicola</i> , <i>Gaultheria sp</i> , <i>Geranium sibbaldioides</i> , <i>Lachemilla orbiculata</i> , <i>Meteorium</i> , <i>Valeriana microphylla</i> , <i>Sibthorpia repens</i> , <i>Cortaderia sericantha</i> , <i>Huperzia cumingii</i> , <i>Azorella pedunculata</i> , <i>Dictyonema</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Bocconia integrifolia</i> , <i>Gentianella cerastioides</i>

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

### 3.2.1.1.1.3. Determinación de los factores de emisión

Se determinaron los factores de emisión a partir de los inventarios ya existentes para ciertas regiones del país y a nivel mundial, la información principal se obtuvo de:

- Base de datos de la Universidad de Lancaster para factores de emisión de compuestos orgánicos volátiles (LANCASTER. U, 2002)
- Inventario de Emisiones publicado por la Unión Europea del año 2009. (Europea, 2016).
- Investigación de las emisiones de COV's de origen biogénico en el bosque tropical amazónico en Perú (LIMONCHI. T., 2010)

La plataforma de datos de la Universidad de Lancaster es la más amplia y con mayor diversidad de especies vegetales, además de ser muy confiable la información contenida en la misma, por lo que fue la más utilizada en este trabajo. Muchas especies vegetales que se identificaron son propias del Ecuador, no han sido caracterizadas en relación a su capacidad de emitir COV's y no aparecen en indagaciones desarrollados en otros países.

Las especies que tienen factores de emisión en las fuentes consultadas, se indican en la Tabla 2-3 todos los factores de estas tablas se presentan en condiciones estándar y en  $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ .

- Isopreno, temperatura de 30 °C y PAR de 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- Monoterpenos, temperatura de 30 °C.
- OCOV, temperatura de 30 °C.

**Tabla 2-3** Factores de emisión ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de especies vegetales de la Provincia de Tungurahua (1 de 4)

<b>Especies Vegetales</b>	<b>Isopreno</b>	<b>Monoterpenos</b>	<b>OCOV</b>
<b>Nombre Científicos</b>	(*)	(**)	(**)
<i>Cinchona</i>	NI	NI	NI
<i>Calamagrostis, Peperomia fruticetorum,</i>	0.1	0.3	0.2
<i>Castilleja sp.</i>	0.5	0.5	1.2
<i>Polylepis</i>	0	0	0
<i>Barnadesia</i>	0	0	0
<i>Azorella pedunculata</i>	NI	NI	NI
<i>Pernettya prostrata</i>	0	0	0
<i>Werneria sp</i>	NI	NI	NI
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	0	0	0
<i>Gentiana sedifolia</i>	0	0	0
<i>Huperzia crassa</i>	0	0	0
<i>Halenia weddeliana</i>	0	0	0
<i>Alnus acuminata</i>	0.1	0	0
<i>Mycianthes</i>	0	0	0
<i>Baccharis</i>	0.1	0.1	0
<i>Miconia cladonia</i>	4.3	4.34	2.87
<i>M. dodsonii</i>	0	0	0
<i>Ilex ssp.</i>	0.1	0.2	0
<i>Weinmannia fagaroides</i>	0	0	0
<i>Junglans neotropica</i>	0.1	3	0
<i>Cinnamomum palaciosii</i>	0	0.02	1.9
<i>Buddleja</i>	0	0	0
<i>Disterigma acuminatum</i>	0	0	0
<i>D. alaternoides</i>	0	0	0
<i>Themistoclesia epiphytica.</i>	0	0	0
<i>Calamagrostis intermedia</i>	0.1	0.2	0.3
<i>Bromus lanatus</i>	0	0	0
<i>Triticum spp</i>	0	0	NI
<i>Hordeum vulgare</i>	0	0	NI
<i>Allium sativum</i>			
<i>Avena sativa</i>	0.01	0.026	NI

(\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C y PAR de 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(\*\*)Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C

NI. No existe Información

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

**Tabla 2-3** Factores de emisión ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de especies vegetales de la Provincia de Tungurahua (2 de 4)

Especies Vegetales	Isopreno	Monoterpenos	OCOV
Nombre Científicos	(*)	(**)	(**)
<i>Allium cepa</i>	0	0	0
<i>Allium fistulosum</i>	0	0	0
<i>Vicia faba</i>	0	0	1.5
<i>Fragaria vesca</i>	0	0	NI
<i>Rubus glaucus</i>	0	0	NI
<i>Lupinus cf.</i>	0	0	0
<i>Solanum tuberosum</i>	0.02	0.6	5.34
<i>Oxalis tuberosa</i>	0	0	0
<i>Pisum sativum</i>	0	0	NI
<i>Beta vulgaris</i>	0	0	NI
<i>Lespedezoides</i>	4.3	4.34	2.87
<i>Monticalia cf.</i>	0	0	0
<i>Peruviana.</i>	0	0	0
<i>Gynoxys sodiroi</i> o <i>Gynoxys hallii</i>	7.5	0.96	1.8
<i>Baccharis macarcantha</i>	0.1	0.1	NI
<i>Delphinium</i>	0	0	1.5
<i>Ullucus tuberosus</i>	0	0	0
<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	82.6	3.4	1.8
<i>Pinus L.</i>	0.1	0	0
<i>Olea europea</i>	0	0.56	0
<i>Eugenia sp</i>	110	0	NI
<i>Aster alpines</i>	0	0	1.5
<i>Limonium sinuatum</i>	0	0	1.5
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	0	0	1.5
<i>Orchidaceae</i>	0	0	0
<i>Moluccella laevis</i>	0	0	1.5
<i>Urtica</i>	NI	NI	NI
<i>Chamaemelum nobile.</i>	NI	NI	NI
<i>Mentha</i>	NI	NI	NI
<i>Malva sylvestris</i>	NI	NI	NI
<i>Pimpinella anisu</i>	NI	NI	NI

(\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C y PAR de 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(\*\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C

NI. No existe Información

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

**Tabla 2-3** Factores de emisión ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de especies vegetales de la Provincia de Tungurahua (3 de 4)

Especies Vegetales	Isopreno	Monoterpenos	OCOV
<b>Nombre Científicos</b>	(*)	(**)	(**)
<i>Plantago major</i>	0	0	0
<i>Dianthus caryophyllus</i>	0	0	1.5
<i>Gunnera magellanica</i>	0	0	0
<i>Carex pichinchensis</i>	NI	NI	NI
<i>Bidens andicola</i>	0	0	0
<i>Pernettya próstata</i>	0	0	0
<i>Azorella aretioides</i>	0	0	0
<i>Hypericum laricifolium</i>	0	0	0
<i>Gynoxys sp.</i>	0	0	0
<i>Hyppochaeris sessiliflora</i>	0	0	0
<i>Papaver rhoeas</i>	NI	NI	NI
<i>Vaccinium floribundum</i>	0.1	0.1	0
<i>Agrostis breviculmis</i>	4.4	0	0
<i>Aloysia citriodor</i>	0.1	0	0
<i>Vicia andicola</i>	0	0	0
<i>Gaultheria sp.</i>	0	0	0
<i>Geranium sibbaldioides</i>	0	0	0
<i>Lachemilla orbiculata</i>	0	0	0
<i>Meteorium</i>	0	0	0
<i>Valeriana microphylla</i>	1	1	1.6
<i>Cortaderia sericantha</i>	0	0	0
<i>Huperzia cumingii</i>	0	0	0
<i>Azorella pedunculata</i>	0	0	0
<i>Dictyonema</i>	0	0	0
<i>Rosmarinus officinalis</i>	0.1	2.2	0
<i>Bocconia integrifolia</i>	0	0	NI
<i>Gentianella cerastioides</i>	0	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	0	13	0
<i>Melissa officinalis</i>	0	0	0
<i>Populus alba</i>	19.94	1.23	NI
<i>Helianthus annuus</i>	0.05	0.5	0
<i>Dalia</i>	NI	NI	NI

(\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C y PAR de 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(\*\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C

NI. No existe Información

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016



**Tabla 3.-2.** Factores de emisión ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de especies vegetales de la Provincia de Tungurahua (4 de 4)

Especies Vegetales	Isopreno	Monoterpenos	OCOV
<b>Nombre Científicos</b>	(*)	(**)	(**)
<i>Lilium</i>	0	0	0
<i>Geranium</i>	0	0	0
<i>Malus domestica</i>	1	0.6	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0.6	NI
<i>Persea americana</i>	0	0	NI
<i>Prunus domestica</i>	0	0.03	0
<i>Solanum quitoense</i>	0	1.1	0
<i>Citrus reticulata</i>	0.1	1.6	0
<i>Citrus × aurantium</i>	0.1	1.3	0
<i>Citrus sinensis</i>	0	1.8	1.5
<i>Prunus salicifolia</i>	0.1	1.3	0
<i>Citrus limonum Risso</i>	0	0	NI
<i>Coffea sp.</i>	42.5	0	1.5
<i>Annona cherimola</i>	0.02	0.05	0.03
<i>Carica pentagona</i>	0	0	NI
<i>Passiflora ligularis</i>	0.02	0.05	0.03
<i>Curuba</i>	0.02	0.05	0.03
<i>Prunus armeniaca</i>	0	0.1	0
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	1.5
<i>Lycopersicon/Lycopersicum</i>	0	28.2	1.5
<i>Nertera granadensis</i>	0	0	0
<i>Prunus pérsica</i>	0.02	1.57	0
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	0.5	0	0
<i>Brassica oleracea</i>	22	0	NI
<i>Lactuca sativa L</i>	0	0	NI
<i>Apium graveolens</i>	NI	NI	NI
<i>Coriandrum sativum</i>	NI	NI	NI
<i>Petroselinum crispum</i>	NI	NI	NI

(\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C y PAR de 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(\*\*) Expresados en condiciones estándar de temperatura de 30 °C

NI. No existe Información

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

### 3.2.1.1.1.4. Cálculo de los factores de emisión asignado por uso de suelo

Se realizó una sumatoria de todos los valores correspondientes a cada uso de suelo, la tabla 3-3 muestra los factores de emisión pertenecientes a cada clase de las diferentes zonas de Tungurahua.

**Tabla 3-3.** Factores de emisión por uso de suelo de la Provincia de Tungurahua (1 de 2)

Categoría	Especie	Factores de Emisión $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ .		
		Isopreno	Monoterpenos	OCOV
<b>Páramo</b>	<i>Cinchona, Polylepis, Barnadesia, Azorella pedunculata, Pernettya prostrata, Werneria sp, Hypochaeris sessiliflora, Gentiana sedifolia, Huperzia crassa, Halenia weddelliana</i>	0.60	0.80	1.40
<b>Bosque nativo</b>	<i>Alnus acuminata, Mycianthes, Baccharis, Miconia cladonia, M. dodsonii, Ilex ssp, Weinmannia fagaroides, Junglans, neotropica, Cinnamomum palaciosii, Buddleja</i>	4.70	7.66	4.77
<b>Pastizal</b>	<i>Disterigma acuminatum, D. alaternoides, Themistoclesia epiphytica, Calamagrostis intermedia, Bromus lanatus</i>	0.10	0.20	0.30
<b>Cultivo anual</b>	<i>Triticum spp, Hordeum vulgare, Allium sativum, Avena sativa, Allium cepa, Allium fistulosum, Vicia faba, Fragaria vesca, Rubus glaucus</i>	0.01	0.3	1.50
<b>Mosaico agropecuario</b>	<i>Lupinus cf, Solanum tuberosum, Oxalis tuberosa, Pisum sativum, Beta vulgaris</i>	0.02	0.6	5.34
<b>Vegetación arbustiva</b>	<i>Lespedezoides, Monticalia cf, Peruviana, Gynoxys sodiroi o Gynoxys hallii, Baccharis macarcantha, Delphinium, Ullucus tuberosus</i>	11.9	5.40	6.17
<b>Plantación forestal</b>	<i>Eucalyptus globulus Labill, Pinus L, Olea uropea, Eugenia sp</i>	192.70	3.96	1.80
<b>Natural</b>	<i>Aster alpines, Limonium sinuatum, Rosa spp, Zantedeschia aethiopica, Orchidaceae, Moluccella laevis, Urtica, Chamaemelum nobile, Mentha, Pimpinella anisu, Plantago major, Dianthus caryophyllus</i>	0	0	32.76

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

**Tabla 3- 3.-** Factores de emisión por uso de suelo de la Provincia de Tungurahua (2 de 2)

Categoría	Especie	Factores de Emisión $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$		
		Isopreno	Monoterpenos	OCOV
<b>Vegetación herbácea</b>	<i>Gunnera magellanica, Carex pichinchensis, Bidens andicola, Pernettya próstata, Azorella aretioides, Hypericum laricifolium, Gynoxys sp, Hyppochaeris sessiliflora, Papaver rhoeas, Vaccinium floribundum, Agrostis breviculmis, Aloysia citriodor, Vicia andicola, Gaultheria sp, Geranium sibbaldioides, Lachemilla orbiculata, Meteorium, Valeriana microphylla, Sibthorpia repens, Cortaderia sericantha, Huperzia cumingii Azorella pedunculata, Dictyonema, Rosmarinus officinalis, Bocconia integrifolia, Gentianella cerastioides</i>	4.70	2.30	1.60
<b>Área poblada</b>	<i>Cynodon dactylon, Melissa officinalis, Populus alba, Helianthus annuus, Lilium, Dalia, Geranium</i>	19.99	14.73	0
<b>Cultivo permanente</b>	<i>Malus domestica, Pyrus communis L, Persea Americana, Prunus domestica, Solanum quitoense, Citrus reticulate, Citrus × aurantium, Citrus sinensis, Prunus salicifolia, Citrus limonum Risso , Coffea sp., Annona cherimola, Carica pentagona, Passiflora ligularis, Curuba, Prunus armeniaca, Cyphomandra betacea, Lycopersicon/Lycopersicum, Nertera granadensis, Prunus persica</i>	43.80	39.50	6.0
<b>Cultivo semi-permanente</b>	<i>Phaseolus vulgaris L, Brassica oleracea, Lactuca sativa L, Apium graveolens, Coriandrum sativum, Petroselinum crispum, Lactuca sativa, Brassica oleracea var. italica</i>	22.5	0	0

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

### 3.2.1.1.1.5. Elaboración de una base de datos de la densidad de masa foliar según el uso de suelo

La base de datos de densidad foliar para cada uso de suelo se realizó a partir de la información generada por las investigaciones de la Universidad de Cuenca y la Universidad de las Fuerzas Armadas, para cada mes durante todo el año (Tabla 4-3). (LANCASTER, 2002)

**Tabla 4-3** Densidad foliar según el uso de suelo en (g/m<sup>2</sup>)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Páramo</b>	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
<b>Bosque Nativo</b>	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485
<b>Pastizal</b>	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
<b>Cultivo Anual</b>	0	0	32	32	32	0	0	32	32	32	0	0
<b>Mosaico Agropecuario</b>	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
<b>Vegetación Arbustiva</b>	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
<b>Plantación Forestal</b>	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
<b>Natural</b>	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Área sin cobertura Vegetal</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vegetación Herbácea</b>	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
<b>Glaciar</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Área Poblada</b>	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>Cultivo Permanente</b>	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241.3	241
<b>Cultivo Semi-permanente</b>	0	0	123	123	123	0	0	123	123	123	0	0

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

### 3.2.1.1.1.6. Obtención de la cartografía temática de radiación y temperatura

A partir de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas se calcularon los promedios mensuales de temperatura y radiación, valores que fueron procesados en el software ArcGis para la generación de las imágenes correspondientes.

### 3.2.1.1.1.7. Cálculo de las emisiones de COV's

Se determinó las emisiones horarias de Isopreno, Monoterpeno y otros COV mediante el modelo de Guenther donde, en función de su reactividad los compuestos orgánicos volátiles COV's provenientes de la vegetación, se agruparon en tres categorías (GUENTHER, 1995):

- 1) isopreno, 1 a 2 h,
- 2) monoterpenos, 0.5 a 3 h
- 3) otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV), unos reactivos < 1 d y otros > 1. (de Guenther, 1995).

- **Isopreno**

El cálculo del isopreno se realizó con la siguiente ecuación:

#### Ecuación N°1 – 3

$$E_{iso}(K, horario) = FE_j^{iso} * FCA(T.PAR) * DBF_j * A$$

Donde:

- j= clase de uso de suelo
- $FCA(T.PAR)$ = factor de corrección ambiental perteneciente a la temperatura y PAR (adimensional).
- $FE_j^{iso}$ = factor de emisión estándar del isopreno con la categoría j de uso de suelo de la celda k( g-1 h-1)
- $DBF_j$ = densidad de biomasa foliar de la clase j de uso de suelos (g/m2)

- $A$ = el espacio de cada celda (0.5 km<sup>2</sup>)
- $E_{iso}(K, horario)$  = Emisión de isopreno de cada hora en la celda  $k(gh-1)$

El coeficiente de corrección se deduce con la siguiente ecuación:

**Ecuación N°2 - 3**

$$FCA(T.PAR) = C_T * C_P$$

Donde:

- $C_T$ = coeficiente de corrección tomando en cuenta la temperatura.
- $C_P$ = coeficiente de corrección del PAR. Estos factores están determinados por las siguientes ecuaciones:

**Ecuación N°3 - 3**

$$C_L = \frac{\alpha * C_{L1} * L}{\sqrt{1 + \alpha^2 * L^2}}$$

**Ecuación N°4 - 3**

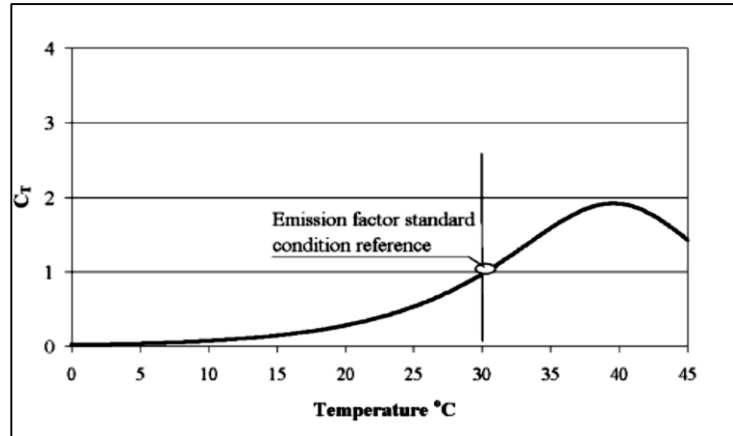
$$C_T = \frac{\exp\left(\frac{C_{T1} * (T - T_S)}{R * T_S * T}\right)}{1 + \exp\left(\frac{C_{T2} * (T - T_m)}{R * T_S * T}\right)}$$

En el cual:

- $\alpha = 0.0027$
- $C_{L1} = 1.066$
- $C_{T1} = 95\ 000\ Jmol^{-1}$
- $C_{T2} = 230\ 000\ Jmol^{-1}$
- $T_m = 314\ K$
- $L = PAR\ (\mu mol m^{-2} s^{-2})$  en la celda  $k$
- $T_S = 303\ k$ , temperatura como referencia
- $R = 80314\ JK^{-1} mol^{-1}$  constante universal de los gases
- $T$ = temperatura en superficie citada en grado kelvin, colocada en la celda  $k$

La figura 2.3 indico el comportamiento de  $C_L$  y  $C_T$  según la variación de la PAR y de la temperatura respectivamente. Como se puede observar, para un valor de  $1000\ \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  el  $C_L$

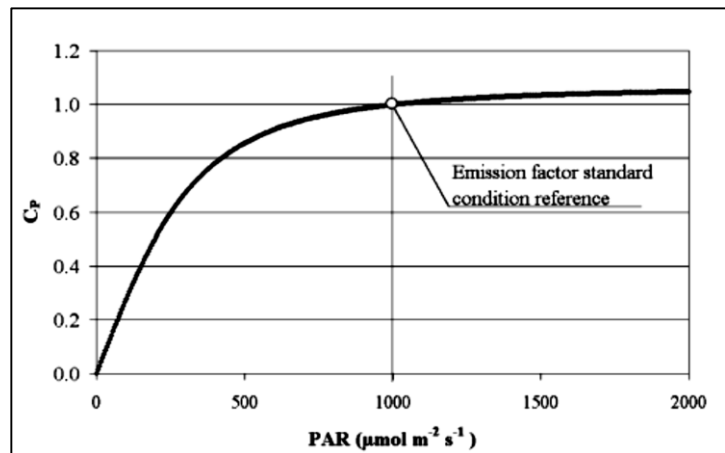
correspondiente es 1. Los valores de CL para valores mayores de PAR se vuelven asintóticos llegando a un valor máximo de 1.1. Cuando no hay PAR por ende no hay CL debido a su dependencia.



**Figura 2- 3** Comportamiento de CP y CT (adimensional)

Fuente: BOLIVAR, L,2012

Por otro lado, el coeficiente CT crece hasta un valor máximo de 2 para una temperatura de 40 °C, tal como lo muestra la figura 3.3 y para luego descender.



**Figura 3- 3.** Comportamiento de CP y CT (adimensional)

Fuente: BOLIVAR, L,2012

Para cada mes del año 2015, se calcula las emisiones horarias promedio y las emisiones diarias de cada mes, mediante las siguientes ecuaciones:

**Ecuación N°5 - 3**

$$E_{iso}(K, daily) = \sum_{h=1}^{24} E_{iso}(K, hourly)$$

Donde  $E_{iso}(K, daily)$  es la emisión de isopreno en la celda kt/h (g/d). Para valores periódicos, la media de emisiones diarias se realiza con la siguiente ecuación:

**Ecuación N°6 - 3**

$$E_{iso}(K, monthly) = 30 E_{iso}(K, daily)$$

Donde  $E_{iso}(K, daily)$  es la emisión de isopreno (g/d) para la jornada media del mes y  $E_{iso}(K, hourly)$  es la emisión mensual del isopreno (g/mes).

Las emisiones anuales son obtenidas de la ecuación:

**Ecuación N°7 - 3**

$$E_{iso}(K, annual) = \sum_{m=1}^{12} E_{iso}(K, monthly)$$

Donde:

- $E_{iso}(K, annual)$  es la emisión anual de isopreno (kg/año).

- **Monoterpenos:**

Sus emisiones horarias se calcularon con la siguiente ecuación:

**Ecuación N°8 - 3**

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

Donde  $EF_j^{mon}$  es el factor de emisión estándar de monoterpenos relacionado con la clase j de uso de suelo (g/gh) y  $E_{mon}(K, hourly)$  es la emisión horaria de monoterpenos en la celda kth (g/h)\*  $M(T)$  es el coeficiente de corrección ambiental referente a la temperatura, es un término adimensional definido por la ecuación:

**Ecuación N° 9 - 3**

$$M(T) = \exp(\beta * (T - Ts))$$

Donde:

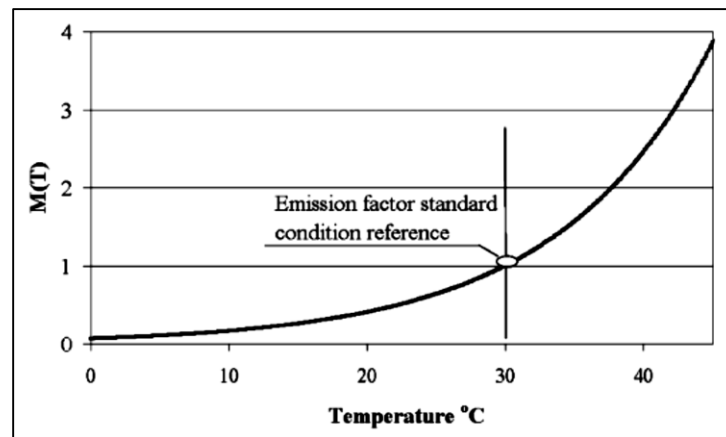
- $\beta = 0.09 K^{-1}$  número empírico.



La emisión diaria, mensual y anual se obtienen aplicando las mismas formulas del isopreno.

La figura 3.4 muestra el comportamiento de M (T) en función de la temperatura, el cual es casi cero para una temperatura del aire de 0 °C, aumenta casi a de 2.5 a 40 °C y se mantiene aumentando en altas temperaturas. El modelo utilizado muestra que siempre existe un crecimiento de la capacidad.

El valor más bajo de temperatura que se considera es de 0 °C y el más alto de 40 °C.



**Figura 4- 3** Factor de emisión de M (T)

Fuente: BOLIVAR, L,2012

- **Otros compuestos orgánicos volátiles**

Son calculados con la ecuación similar al de los monoterpenos

**Ecuación N°10 - 3**

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

La emisión diaria, mensual y anual se obtienen aplicando las mismas ecuaciones del isopreno

### 3.2.1.1.8. Diseño de la cartografía temática para los COVB's

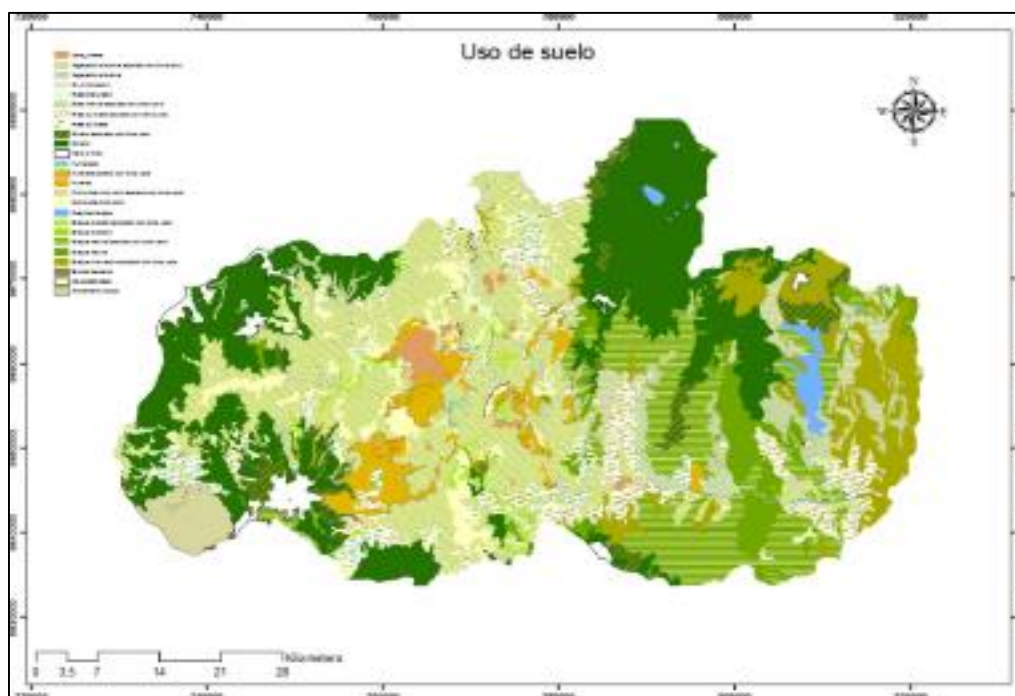
Con la información generada se realizaron mapas georreferenciados de las emisiones diarias, mensuales y de la sumatoria general para el año 2015, este proceso se realizó en el software ArcGis 10.1, a partir de la malla cuadriculada de la provincia, a la que se asignaron los valores calculados de isopreno, monoterpeno y COVs para obtener las imágenes y datos finales.

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1. Mapa de uso de suelos de la provincia

Se determinó un total de 14 usos de suelo dentro de la provincia (Mapa 1-4), las zonas que la mayor área de la provincia son el bosque nativo (95424.805 Ha) y el páramo con (95397.263 Ha) respectivamente abarcando el 56.11 % del área total, seguido por el pastizal (48035.300 Ha) y el mosaico agropecuario (37720.96 Ha). Que en conjunto suman el 25.22 % del área, el resto del territorio lo ocupa con el 18.69 % las siguientes zonas: cultivo anual, vegetación arbustiva, plantación forestal, cultivo permanente, cultivo semipermanente, natural, área sin cobertura vegetal, vegetación herbácea, glaciár y área Poblada (Tabla 1-4)



**Mapa 1- 4** Mapa de uso de suelo de la Provincia de Tungurahua 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

**Tabla 1-4** Porcentaje del uso de suelo de la provincia de Tungurahua 2015

<b>Zona</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
Páramo	95424.805	28.06%
Bosque Nativo	95397.263	28.05%
Pastizal	48035.300	14.12%
Cultivo Anual	13261.415	3.99%
Mosaico Agropecuario	37720.96	11.10%
Vegetación Arbustiva	17427.859	5.18%
Plantación Forestal	2372.972	0.78%
Natural	1678.129	0.59%
Área sin cobertura Vegetal	12581.343	3.14%
Vegetación Herbácea	300.685	0.09%
Glaciar	123.028	0.05%
Área Poblada	6120.705	1.89%
Cultivo Permanente	8600.464	2.52%
Cultivo Semi-permanente	2928.519	0.86%
<b>Total</b>	<b>340036.294</b>	<b>100%</b>

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

#### **4.2. Mapas de Temperatura**

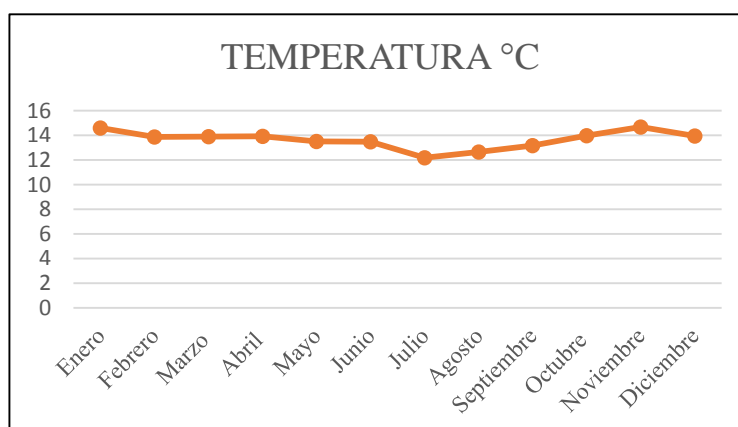
Los mapas horarios se elaboraron con las temperaturas del 2015 (Anexo 1), para la provincia de Tungurahua, en la tabla 4.2 se indican los valores de temperatura máxima promedio día, de cada mes del año, los que reflejaron que de enero a julio las temperaturas son bajas específicamente en julio donde se reportó la temperatura más baja de -2 °C, esto se da por la falta de nubosidad permitiendo que se enfríe con facilidad la superficie terrestre.

En los meses de agosto hasta noviembre las temperaturas aumentaron se registraron datos máximos de 30°C, noviembre es el mes con más alta temperatura llegando a los 31°C siendo la hora con máximas temperaturas las 12:00 pm (Figura 1-4). Los mapas de temperatura se muestran en el apartado de anexos (Anexo A).

**Tabla 2-4** Temperatura media diaria por mes del año 2015

Mes	Temperatura	
	Hora	°C
Enero	12h00	14.58
Febrero	12h00	13.88
Marzo	12h00	13.93
Abril	12h00	13.92
Mayo	12h00	13.52
Junio	12h00	13.47
Julio	12h00	12.18
Agosto	12h00	12.64
Septiembre	12h00	13.19
Octubre	12h00	13.98
Noviembre	12h00	14.70
Diciembre	12h00	13.96

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016



**Figura 1-4.** Variación de las temperaturas medias por mes para el año 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

### 4.3. Mapas de Radiación

La tabla 3-4 tiene los valores de radiación del promedio máximo mensual del año 2015, en su mayoría están entre los 300 a 400  $Wm^{-2}$ , siendo noviembre donde más radiación existió llegando a 518  $Wm^{-2}$  tomados a las 12:00 pm

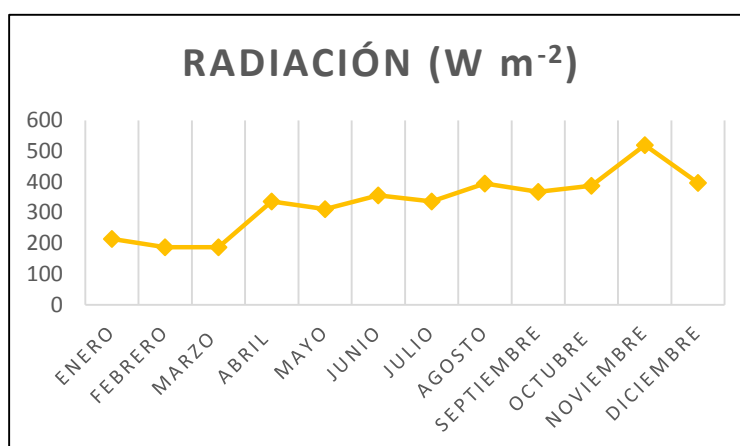
Los mapas indicaron que desde el mes de enero a octubre y diciembre la radiación es constante que entre los 250 hasta 450  $Wm^{-2}$  considerándolo como baja; esto se puede dar por la nubosidad, logrando menor cantidad de radiación solar llegar a la superficie terrestre; aunque esta observación es dependiente de múltiples factores, como: tipos de nubes y de condiciones

atmosféricas a nivel del suelo como: neblina. Por lo tanto, la radiación solar se ve influenciada por la nubosidad presente ( MONTENEGRO. D., 2015); en el mes de noviembre sube hasta llegar a  $900 \text{ Wm}^{-2}$  en algunos lugares de estudio (Figura 2-4). Los mapas de radiación se muestran en el apartado de anexos (Anexo B).

**Tabla 3-4.** Radiación diaria por mes del año 2015

Mes	Radiación	
	HORA	( $\text{W m}^{-2}$ )
Enero	12h00	214.32
Febrero	12h00	186.79
Marzo	12h00	186.95
Abril	12h00	335.81
Mayo	12h00	310.82
Junio	12h00	355.92
Julio	12h00	336.03
Agosto	12h00	394.31
Septiembre	12h00	367.20
Octubre	12h00	387.32
Noviembre	12h00	518.96
Diciembre	12h00	396.46

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016



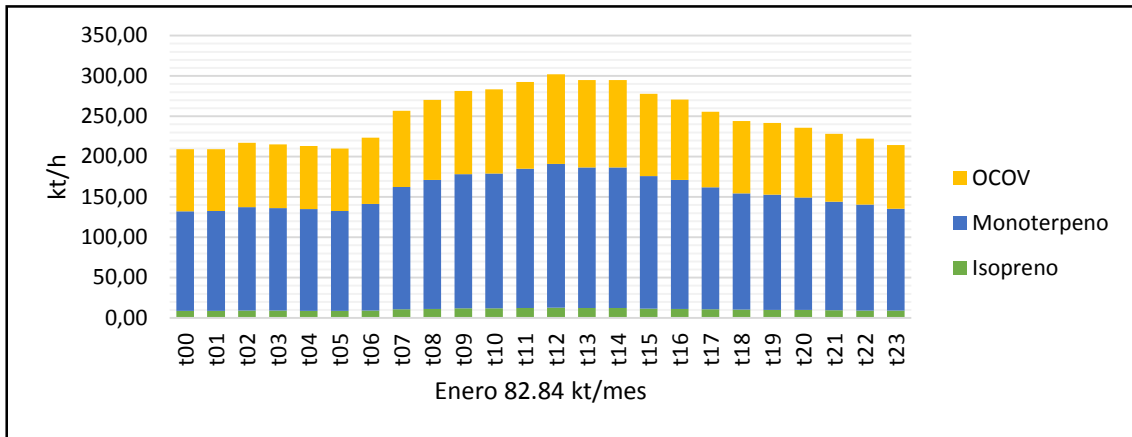
**Figura 2-4.** Variación de las radiaciones medias por mes para el año 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

#### 4.4. Emisiones de COVB's mensual y anual

Las emisiones diarias para el mes de Enero (Figura 3.4) registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 58.58 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 1780.31 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 12.71 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran

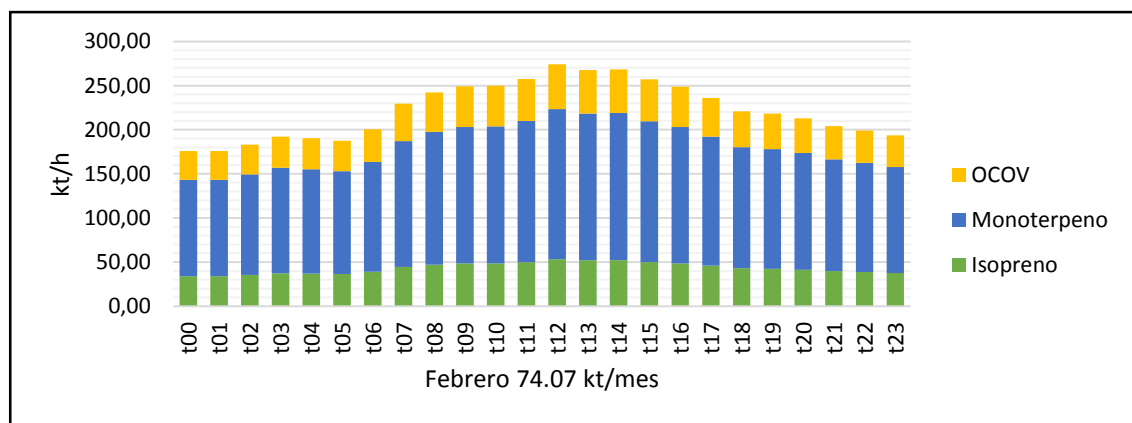
entre los bajos con una media de 82.84 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 12 a 17 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 3-4.** Perfil medio de emisión de COV's en el mes de Enero

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

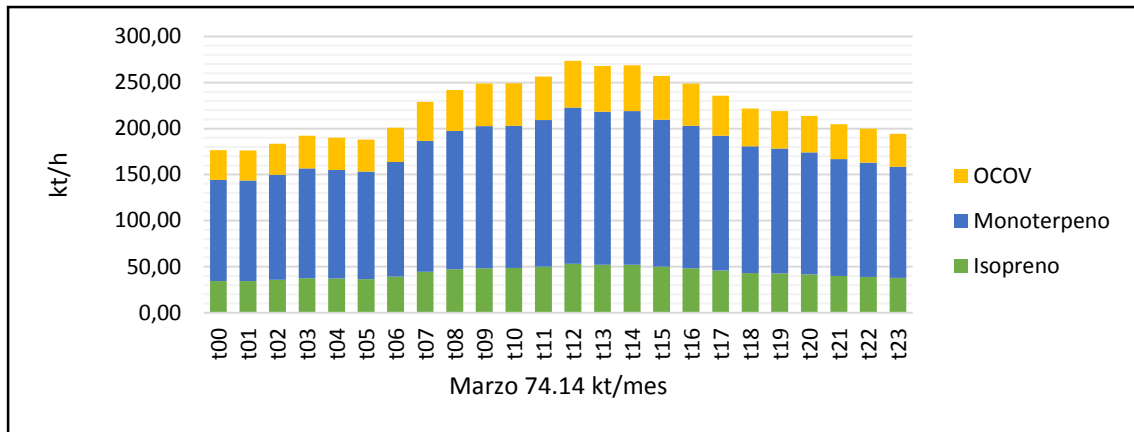
Con respecto al mes de Febrero (Figura 4.4) los valores máximos y mínimos registrados, para OCOV, van de 50.58 a 0 (g/mes), para Monoterpenos van de 170.08 a 0 (g/mes) y para Isopreno van de 53.3 a 0 (g/mes), respectivamente. Estos valores en comparación con el resto de meses se encontraron entre los bajos con una media de 74.07 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 10 a 17 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 4-4** Perfil medio de emisión de COV's en el mes de Febrero

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

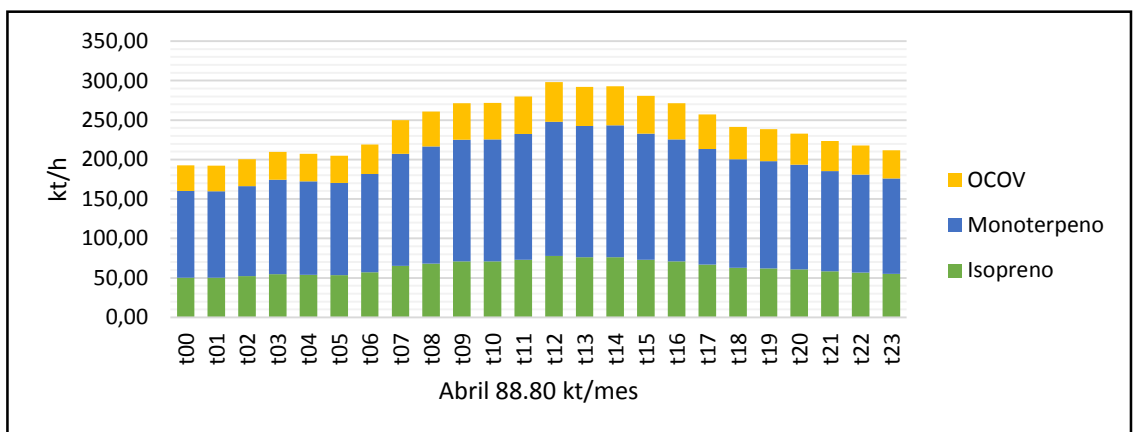
Las emisiones diarias para el mes de Marzo (Figura 4.5) registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 50.55 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 169.71 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 53.20 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los bajos con una media 74.14 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 11 a 17 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 5-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Marzo

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

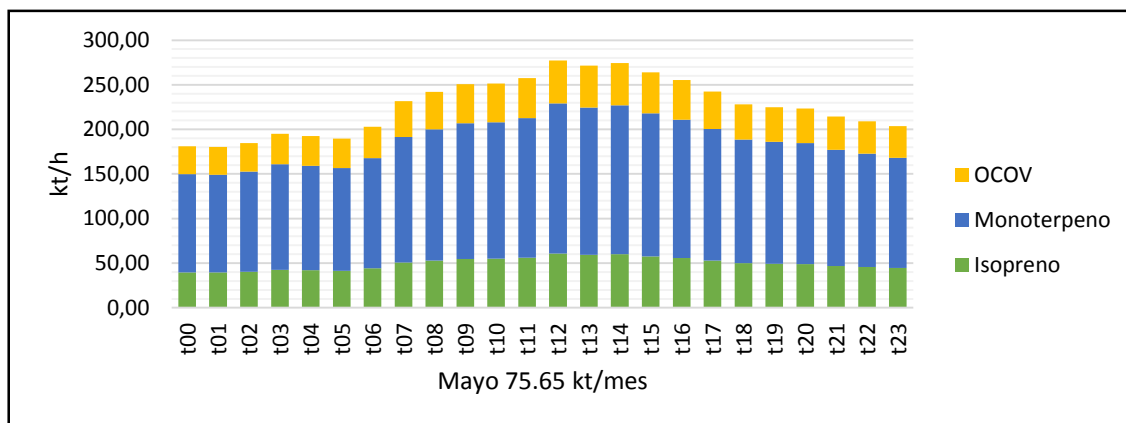
Las emisiones diarias para el mes de Abril registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 50.59 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 169.84 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 77.80 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los altos con una media de 88.80 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 11 a 15 °C, y a los niveles de radiación altos.



**Figura 6-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Abril

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

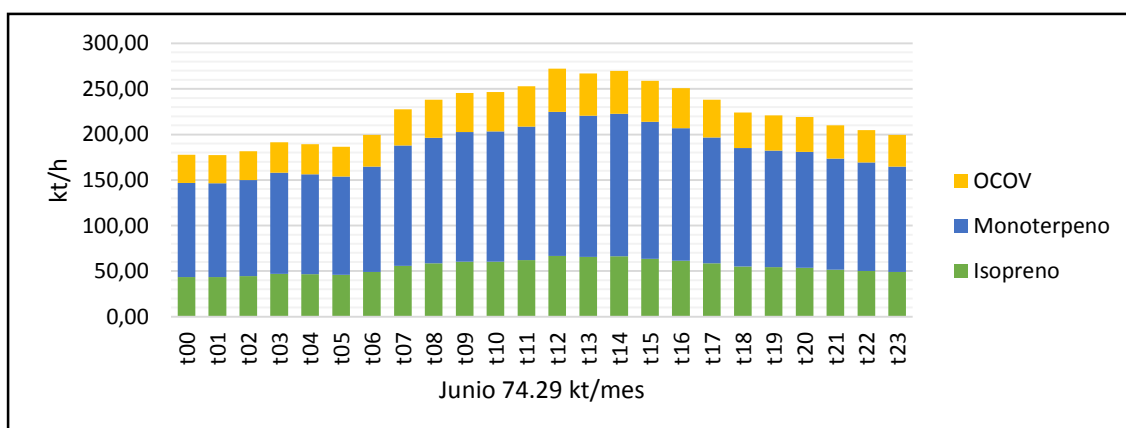
Las emisiones diarias para el mes de Mayo registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 48.10 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 168.47 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 60.63 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los altos con una media de 75.65 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 10 a 16 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 7-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Mayo

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

Las emisiones diarias para el mes de Junio registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 47.53 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 157.91 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 66.81 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los bajos con una media de 74.29 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 10 a 16 °C, y a los niveles de radiación bajos.

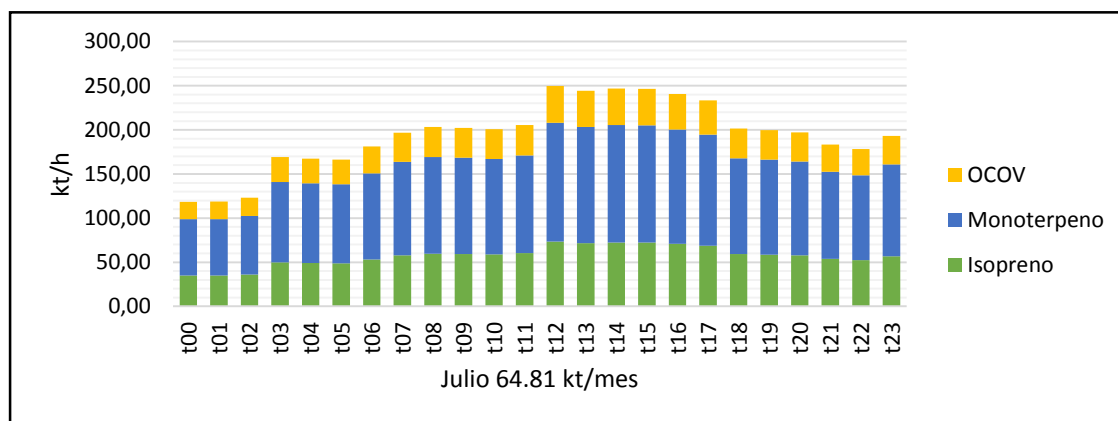


**Figura 8-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Junio

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016



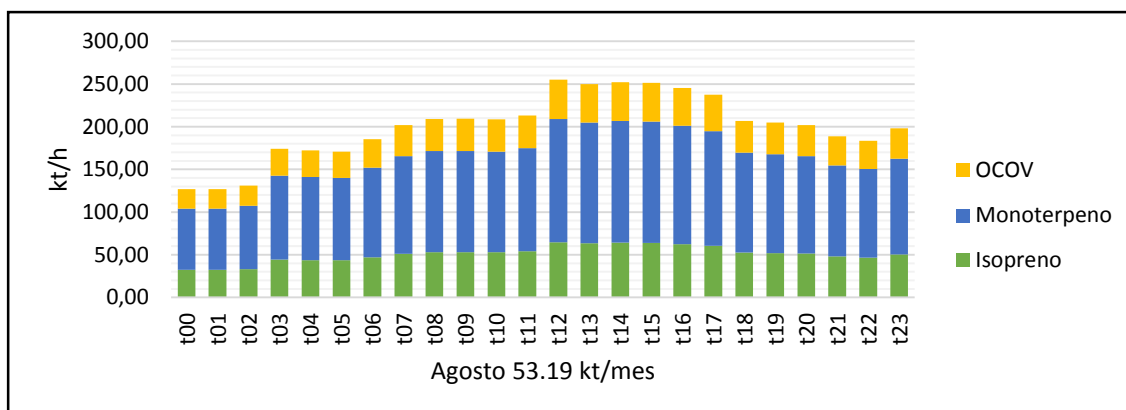
Las emisiones diarias para el mes de Julio registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 41.72 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 134.47 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 73.37 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los más bajos con una media de 64.81 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 7 a 15 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 9-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Julio

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

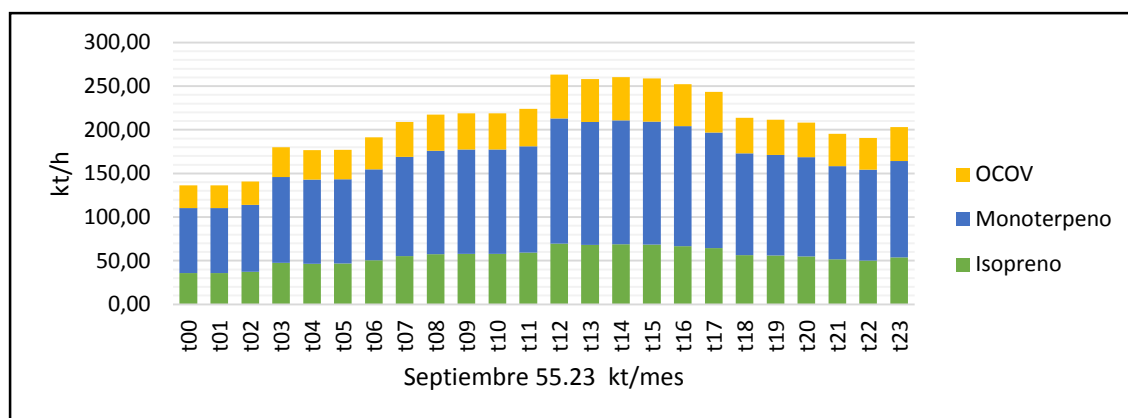
Las emisiones diarias para el mes de Agosto registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 45.98 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 144.26 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 64.74 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los más bajos con una media de 53.19 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 8 a 15 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 10-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Agosto

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

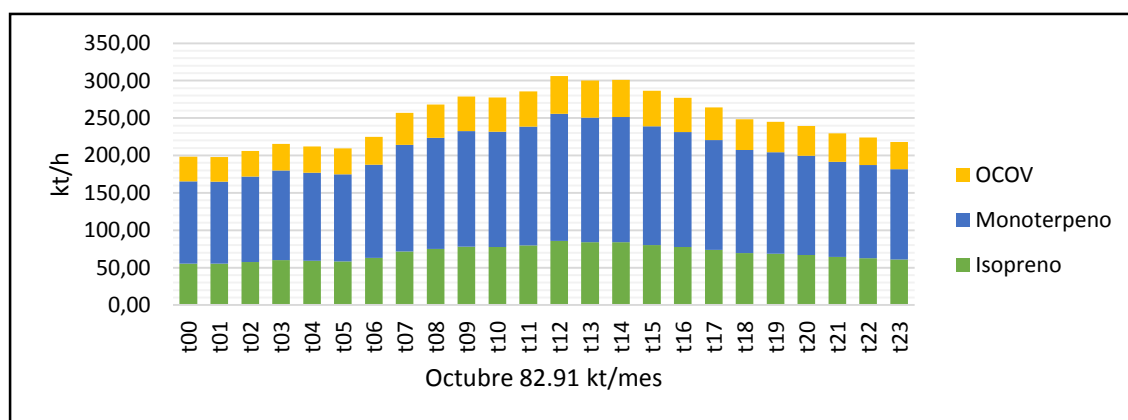
Las emisiones diarias para el mes de septiembre registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 50.18 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 143.46 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 69.50 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los más bajos con una media de 55.23 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 8 a 16 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 11-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Septiembre

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

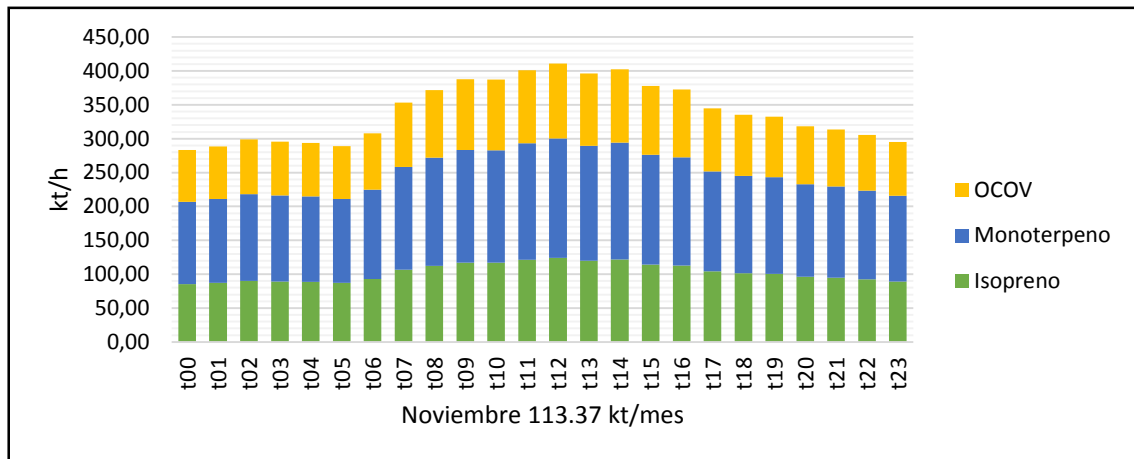
Las emisiones diarias para el mes de Octubre registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 50.68 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 169.98 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 85.66 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los más altos con una media de 82.91 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 11 a 17 °C, y a los niveles de radiación bajos.



**Figura 12-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Octubre

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

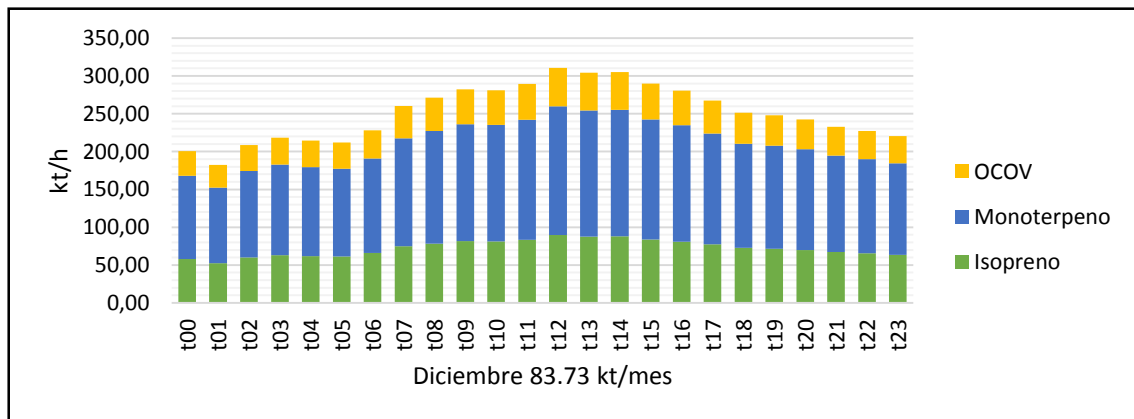
Las emisiones diarias para el mes de Noviembre registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 110.47 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 176.20 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 124.04 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio son los más altos con una media 113.37 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 12 a 17 °C, y a los niveles de radiación altos.



**Figura 13-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Noviembre

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

Las emisiones diarias para el mes de Diciembre registraron valores mínimos y máximos, para OCOV de 0 a 50.73 (g/mes), para Monoterpenos de 0 a 170.09 (g/mes) y para Isopreno de 0 a 89.61 (g/mes), respectivamente. Estos valores con respecto al año de estudio se encuentran entre los altos con una media de 83.73 (g/mes), concordando con las temperaturas estables registradas en este mes en un rango de 11 a 16 °C, y a los niveles de radiación altos.



**Figura 14-4** Perfil medio de emisión de COVB's en el mes de Diciembre

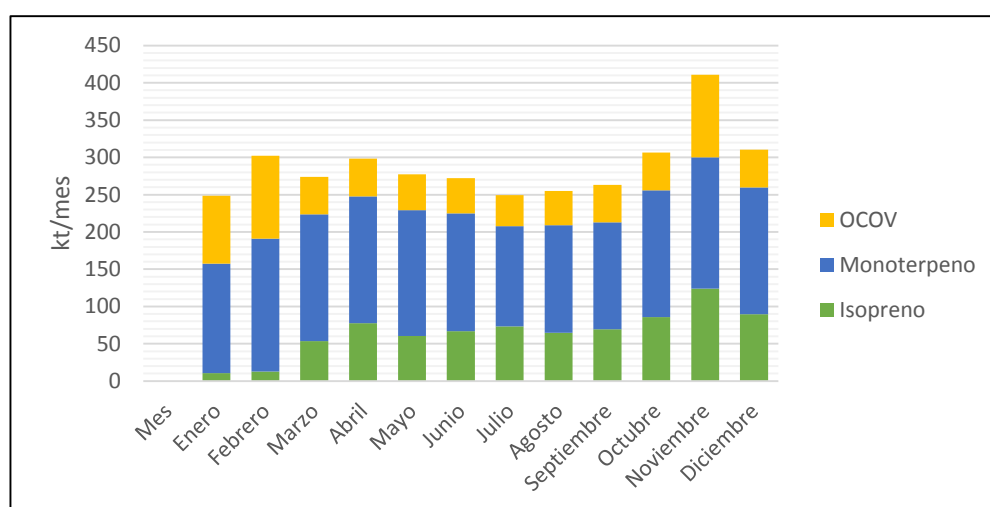
Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

En la tabla (4-4) se observó las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles biogénicos no metanogénicos en el año 2015 dando un total de 83145.6 kt/ año equivalente a 83.14 kg/año. Distribuidos en los tres tipos de gases el isopreno, monoterpeno y otros compuestos orgánicos volátiles (Figura 15.4).

**Tabla 4 -4.** Emisiones mensuales de los COVB's para el año 2015

Mes	Isopreno		Monoterpeno		OCOv	
	kt/mes	%	kt/mes	%	kt/mes	%
Enero	10.46	1.33	146.8	7.61	91.34	12.20
Febrero	12.71	1.61	178.31	9.24	110.95	14.82
Marzo	53.35	6.76	170.08	8.81	50.58	6.75
Abril	77.8	9.86	169.84	8.80	50.59	6.76
Mayo	60.63	7.69	168.47	8.73	48.1	6.42
Junio	66.81	8.47	157.91	8.18	47.53	6.35
Julio	73.37	9.30	134.47	6.97	41.72	5.57
Agosto	64.74	8.21	144.26	7.48	45.98	6.14
Septiembre	69.5	8.81	143.46	7.43	50.18	6.70
Octubre	85.66	10.86	169.98	8.81	50.68	6.77
Noviembre	124.04	15.73	176.2	9.13	110.47	14.75
Diciembre	89.61	11.36	170.09	8.81	50.73	6.77
<b>TOTAL</b>	<b>788.68</b>	<b>100.00</b>	<b>1929.87</b>	<b>100.00</b>	<b>748.85</b>	<b>100.00</b>

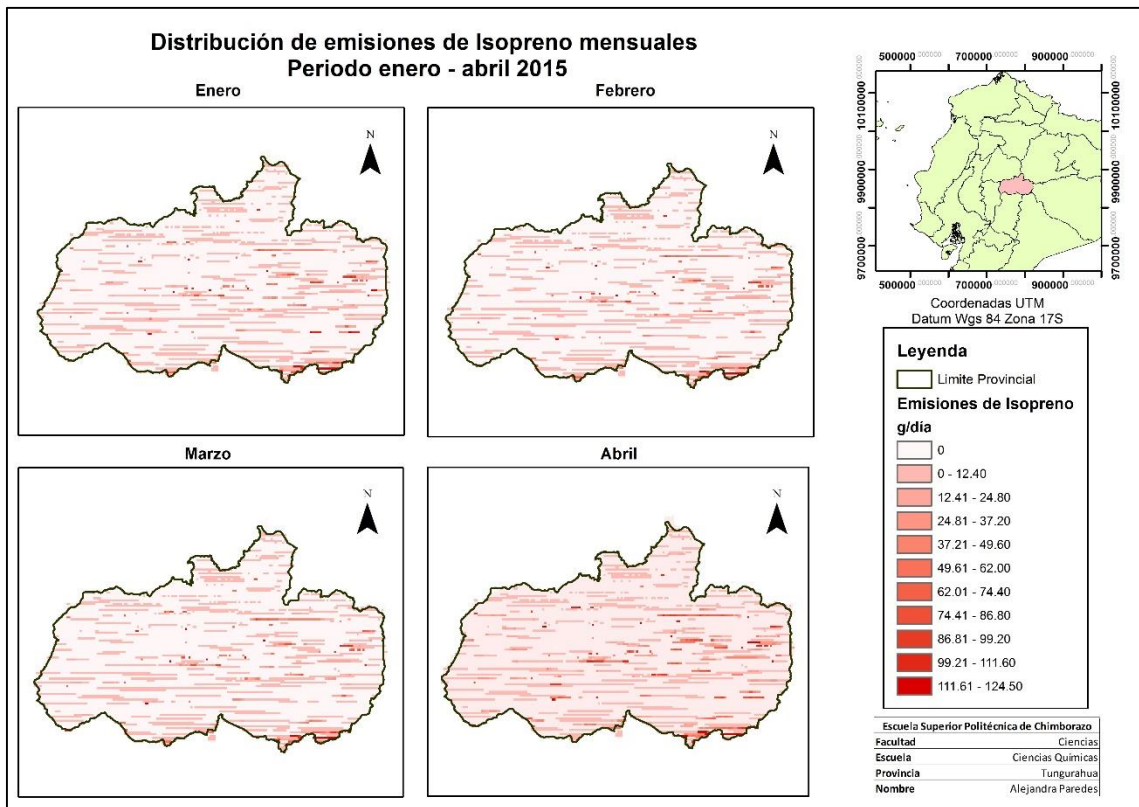
Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016



**Figura 15. 4** Emisiones de los COVBs de Tungurahua en el año 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

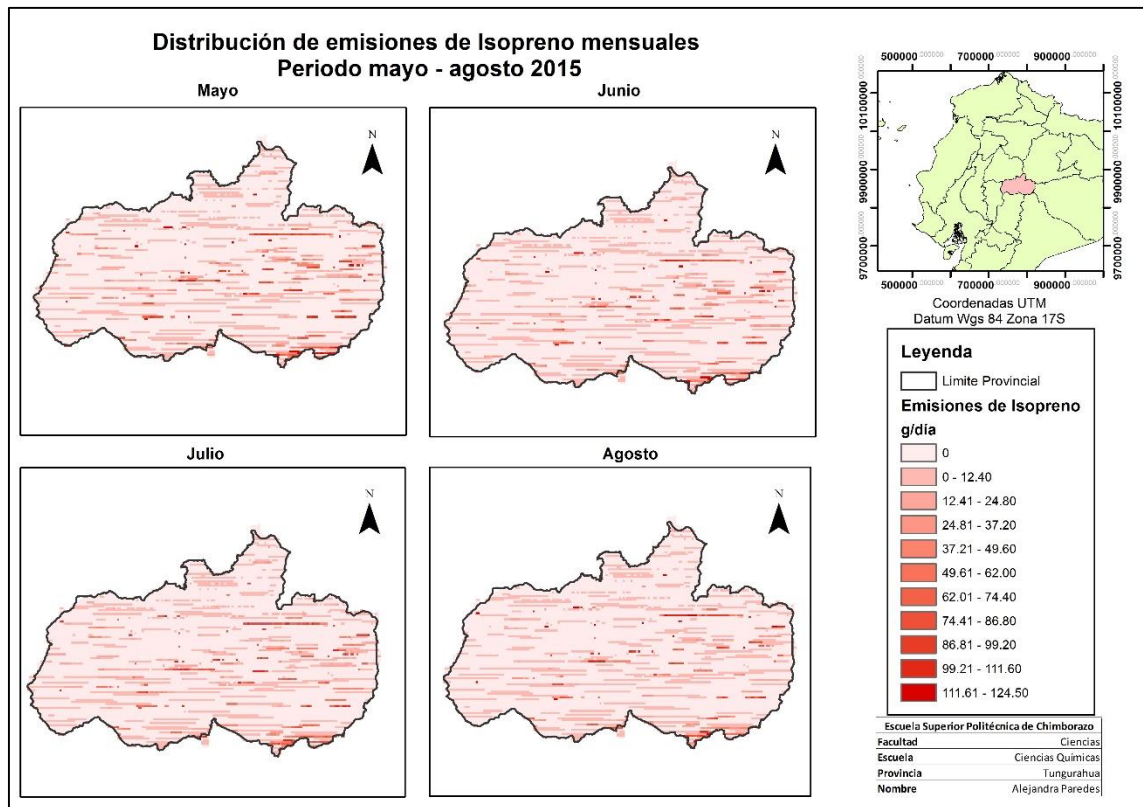
En el mapa 2-4 se representó la distribución de emisiones para los meses de enero a abril; durante el primer cuatrimestre de evaluación, se registró un aumento en las emisiones en el mes de abril, esto debido a la mayor temperatura que se registró en este mes con un rango de 11 °C a 17 °C, en relación a los otros meses donde el valor máximo no sobrepasó los 17 °C.



**Mapa 2-4.** Distribución de las emisiones medias diarias de isopreno de enero a abril

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

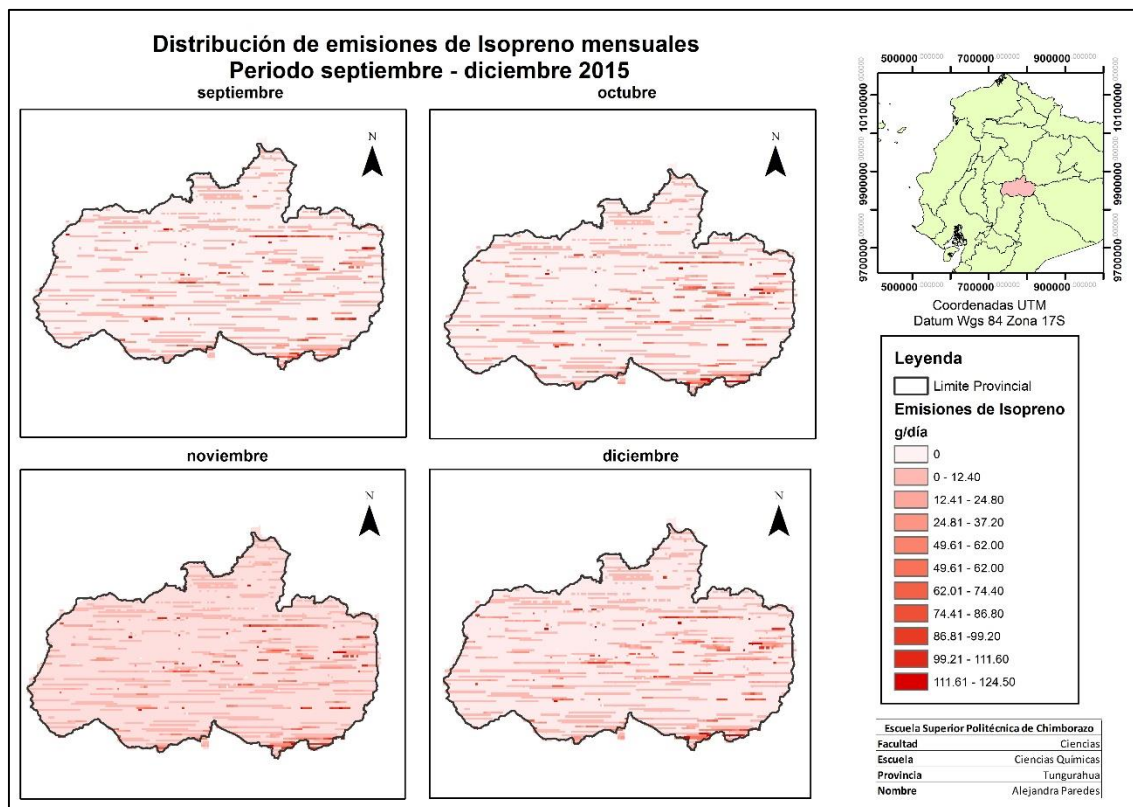
En el mapa 3-4 se representó la distribución de emisiones para los meses de mayo a agosto; el cuatrimestre de evaluación, se registró un rango contante en la emisión en estos meses, con un registro de temperatura en un rango de 7 °C a 20°C, en relación a los primeros meses estos valores aumentan.



**Mapa 3-4.** Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno de mayo a agosto

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

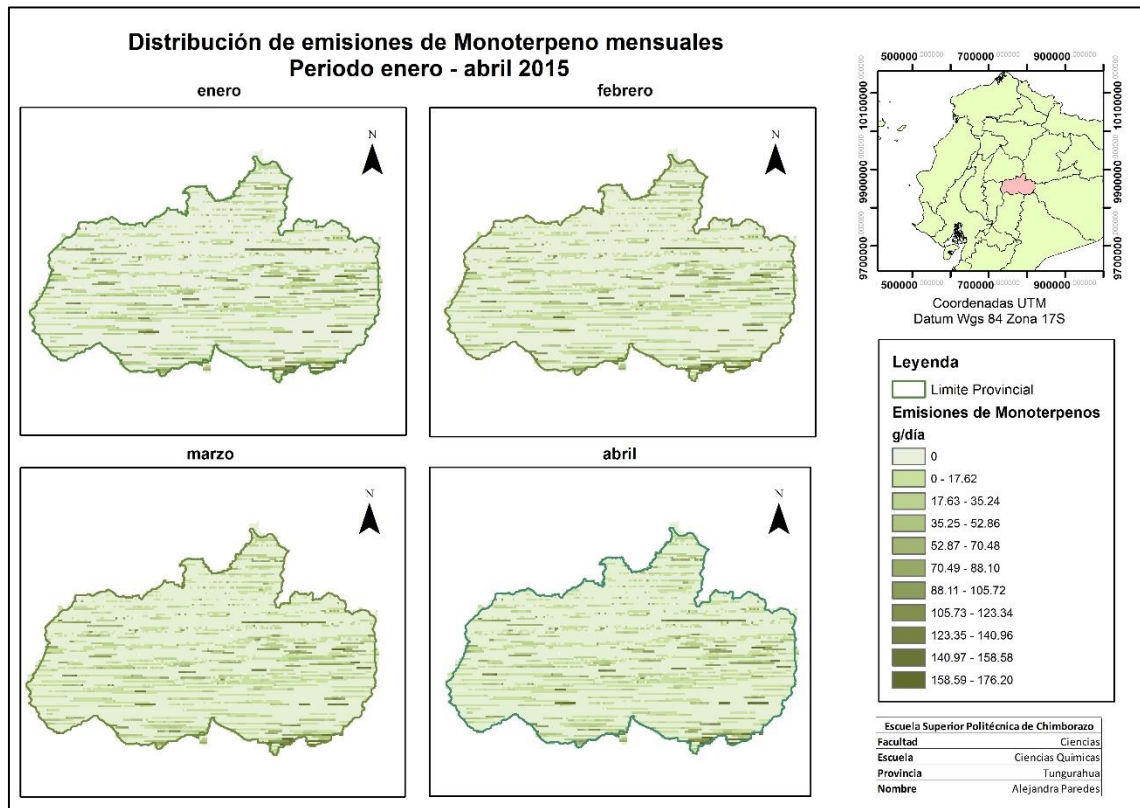
En la mapa 4-4 se representó la distribución de emisiones para los meses de septiembre a diciembre; en el último cuatrimestre de evaluación, se registró un aumento en las emisiones en el mes de noviembre, esto debido a la mayor temperatura que se registró en este mes con un rango de 12 °C a 30 °C, en relación a los otros meses donde el valor máximo no sobrepasó los 20 °C.



**Mapa 4-4.** Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno de septiembre a diciembre

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

En la 5-4 se representó la distribución de emisiones para los meses de enero a abril; durante el primer cuatrimestre de evaluación, se registró un aumento en las emisiones en el mes de abril, esto debido a la mayor temperatura que se registró en este mes con un rango de 11 °C a 17 °C, en relación a los otros meses donde el valor máximo no sobrepasó los 17 °C. También se toma en cuenta la radiación solar que va en rangos de 60 a 400 W/m<sup>2</sup>.

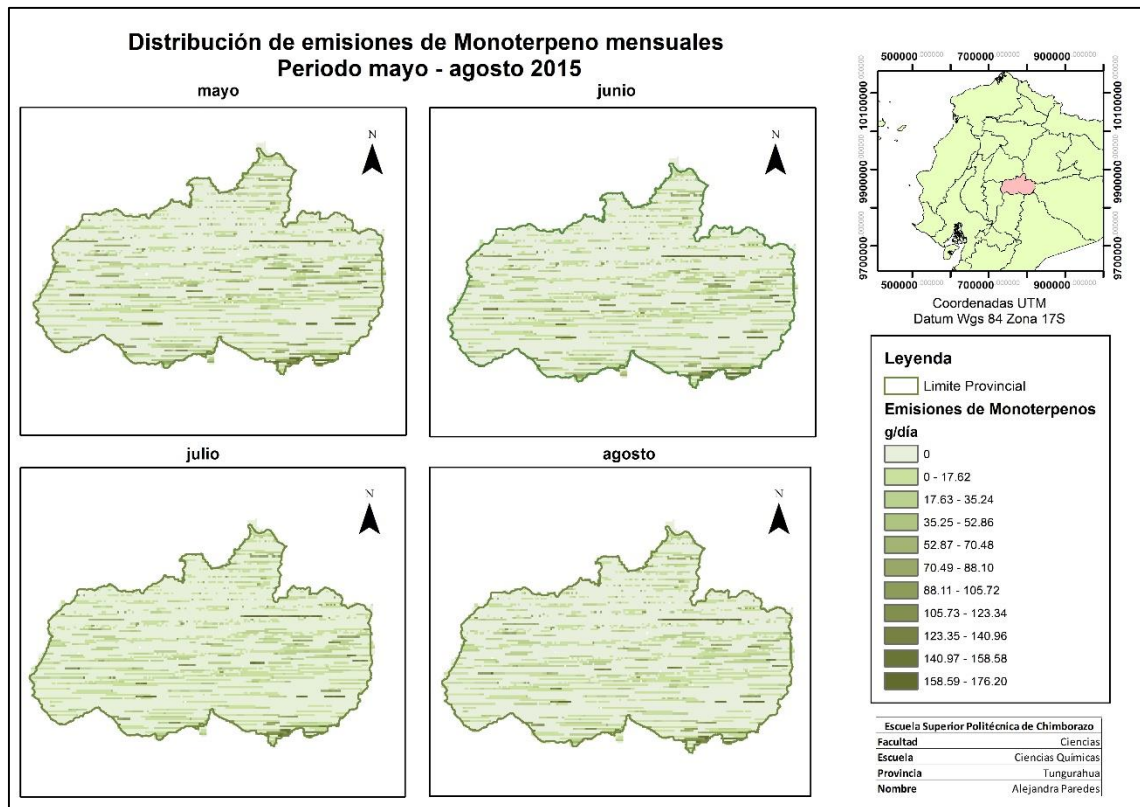


**Mapa 5-4.** Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpeno de enero a abril

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016



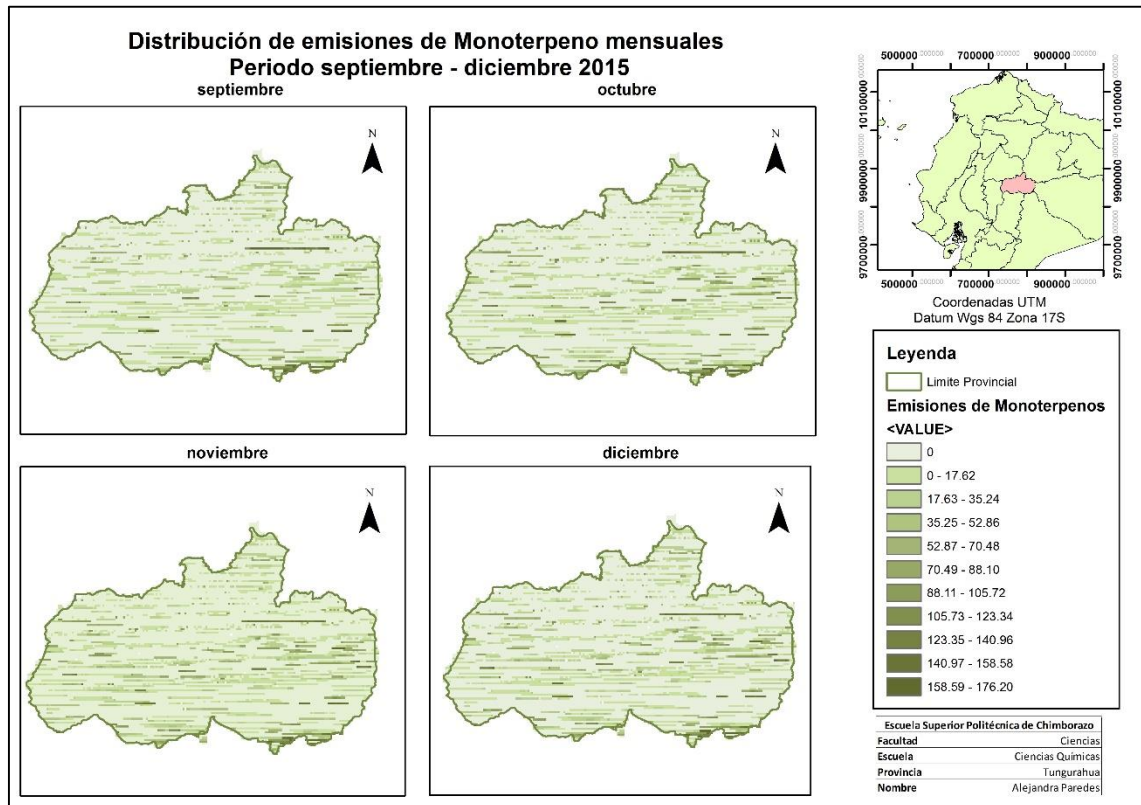
En el mapa 6-4 se representó la distribución de emisiones para los meses de mayo a agosto; el cuatrimestre de evaluación, se registró un rango contante en la emisión en estos meses, con un registro de temperatura en un rango de 7 °C a 20°C, en relación a los primeros meses estos valores aumentan en conjunto con la radiación solar que va entre 150 a 460 W/m<sup>2</sup>.



**Mapa 6-4.** Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpeno de mayo a agosto

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

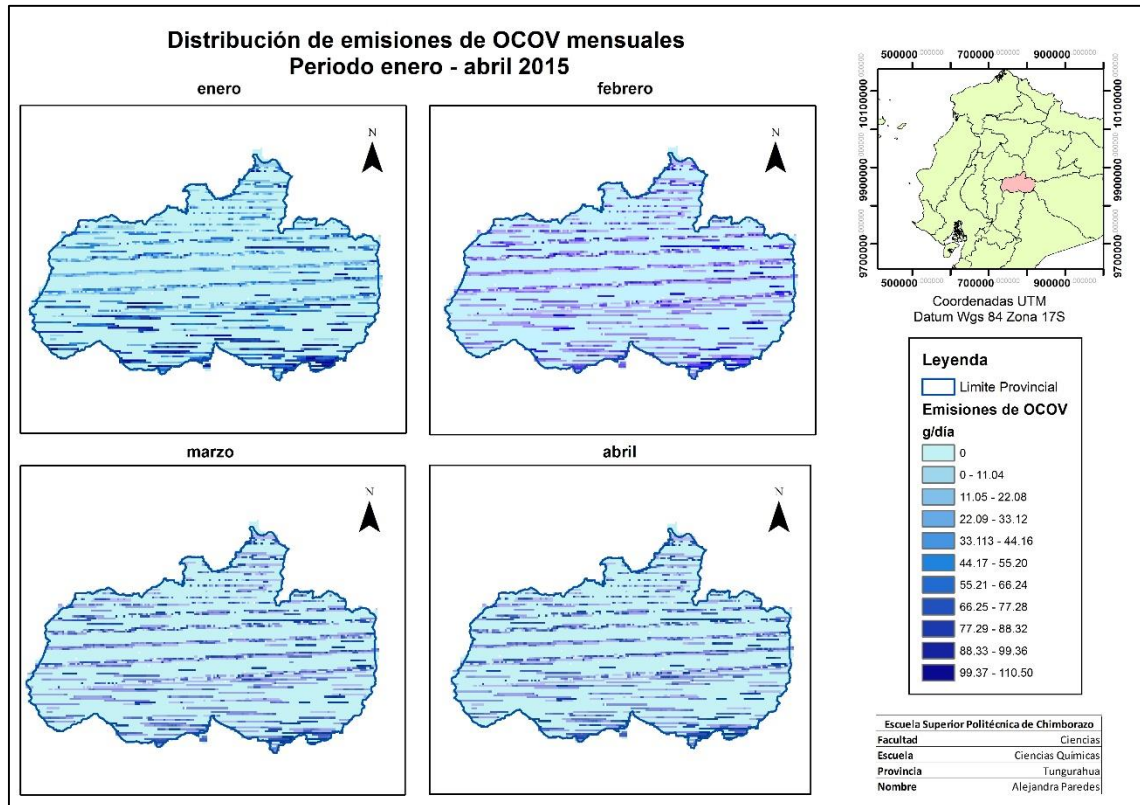
En el mapa 7-4 se representó la distribución de emisiones para los meses de septiembre a diciembre; en el último cuatrimestre de evaluación, se registró un aumento en las emisiones en el mes de noviembre, esto debido a la mayor temperatura que se registró en este mes con un rango de 12 °C a 30 °C, en relación a los otros meses donde el valor máximo no sobrepasó los 20 °C. Además de la radiación que fue como máxima de 700 W/m<sup>2</sup>.



**Mapa 7-4.** Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpeno de septiembre a diciembre

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

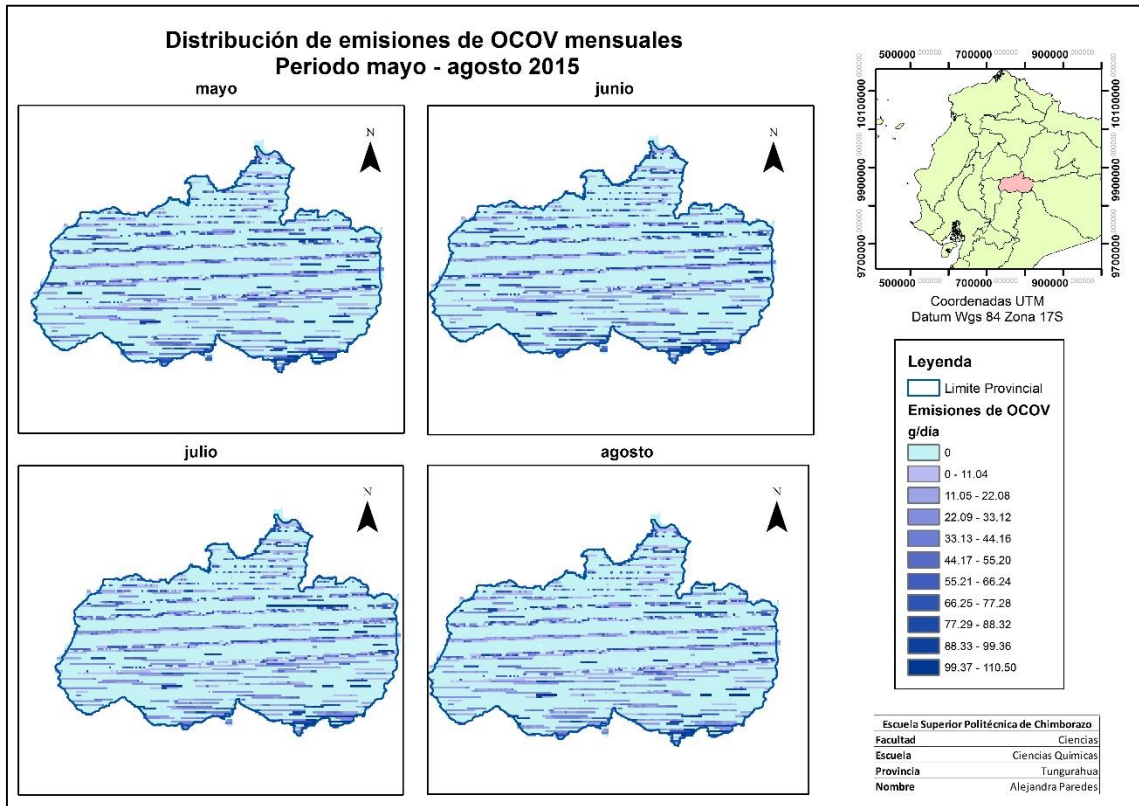
Las emisiones mensuales son casi constantes en los meses de enero a abril con rango de 35 a 76 g/día, este comportamiento se debe a que la emisión de estos gases es permanente ya que forman parte de los procesos fisiológico de la vegetación el aporte variaría de acuerdo a cada especie y a los niveles de temperatura que se registren para los meses evaluados (Mapa 8-4).



**Mapa 8- 4.** Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de enero a abril

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

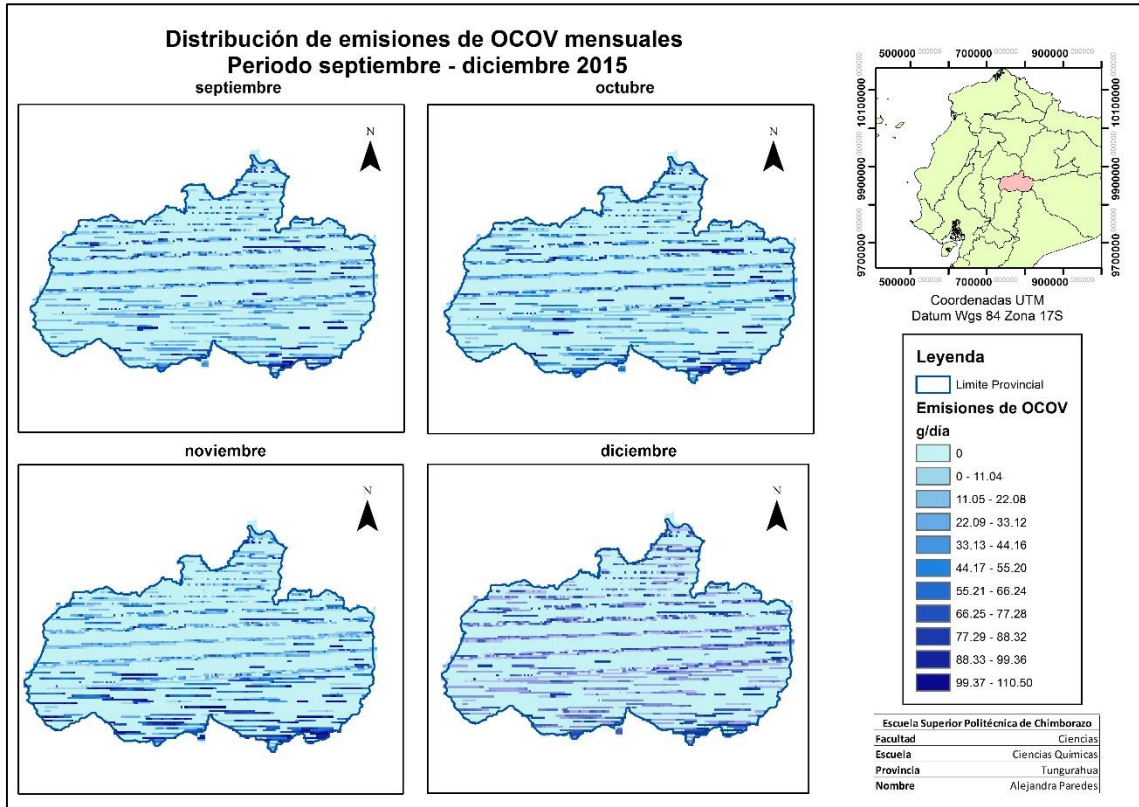
A diferencia del primer cuatrimestre la temperatura descendió en el mes de julio con de - 2 °C, esto se vio reflejado en los rangos de emisiones obtenidas para este periodo que van de 20 a 32 g/día (Mapa 9-4).



**Mapa 9-4.** Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de mayo a agosto

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

De igual manera las emisiones mensuales son casi constantes en los meses de septiembre a diciembre con rango de 36 a 110 g/día, los niveles de temperatura que se registran para noviembre influyen directamente en con las emisiones llegando hasta 110 g/día (Mapa 10-4).

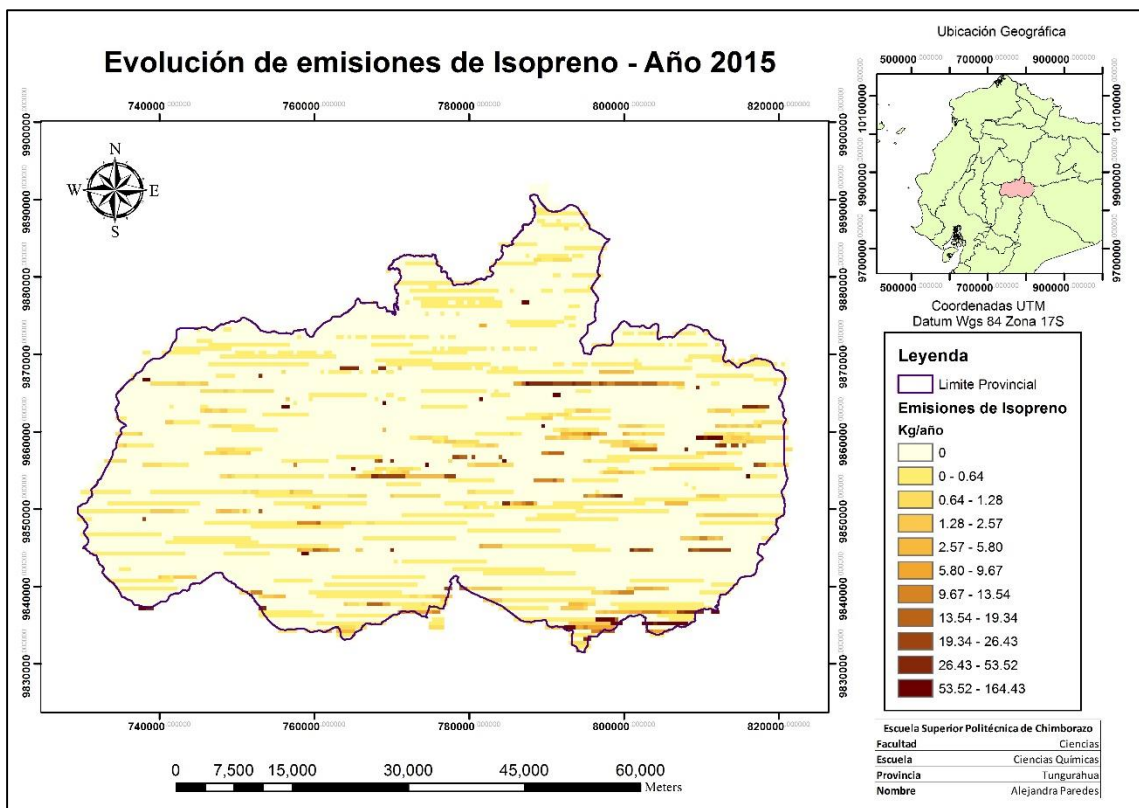


**Mapa 10- 4.** Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de septiembre a diciembre

**Realizado por:** PAREDES, Alejandra, 2016

#### 4.5. Distribución de las emisiones de isopreno para la provincia de Tungurahua en el 2015

Las emisiones de isopreno para el año 2015, registraron un valor máximo de 164.43 Kg/año y un valor mínimo de 0 Kg/año, este mínimo no refleja las emisiones reales para las zonas que poseen cobertura vegetal de acuerdo al mapa de uso de suelos, se obtuvo este valor debido a la falta de información sobre las emisiones producidas por las especies que conforman estas coberturas vegetales, como lo manifiesta (ARNETH. A., et al., 2008 pp. 150-162), la emisión de isopreno está directamente relacionada con la biosíntesis fotosintética, por tal razón zonas con presencia de vegetación en mayor o menor medida producirán este gas; las zonas con más presencia de emisiones de isopreno corresponden a las áreas conformadas por el bosque nativo, específicamente en la zona alta de la provincia (NÚÑEZ. L., 2015), esto debido a la mayor densidad vegetal, que al producirse una mayor carga fotosintéticas la vegetación tiende a liberar una mayor cantidad de isopreno; otro área a tener en cuenta es la zona sur este de la provincia mismas que limita con Pastaza, y donde se ubica una importante presencia de bosque subtropical, además de una mayor temperatura como lo han sugerido (SHALLCROSS. D., et al., 2000 pp. 159-160), la presencia de isopreno puede deberse a que la vegetación genera aerosoles con el fin de enfriar su contorno (Mapa 11-4).

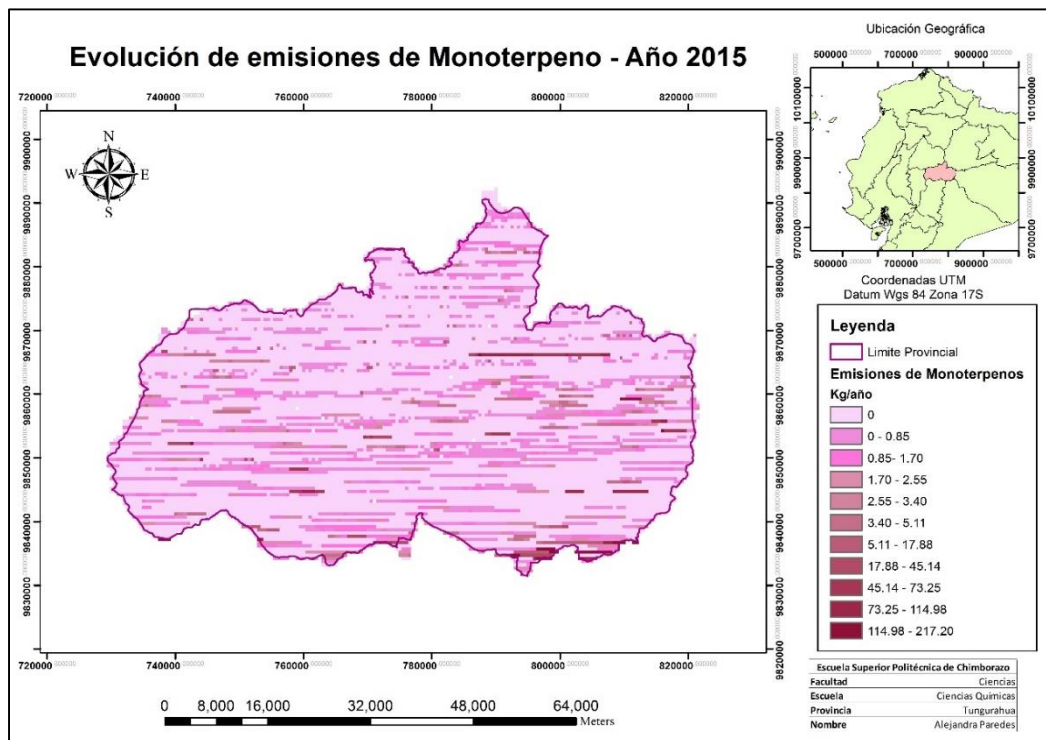


Mapa 11-4. Emisiones de isopreno en la provincia de Tungurahua para el 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

#### 4.6. Distribución de las emisiones de monoterpeno para la provincia de Tungurahua en el 2015

Las emisiones de monoterpeno para el año 2015, resgistaron un valor máximo de 217.20 Kg/año y un valor mínimo de 0 kg/año, a igual que para la distribución de isopreno se debe principalmente a la falta de información de las emisiones por especie, pero a diferencia de este, su producción no esta directamente relacionada con el tipo de vegetacion, si no con la temperatura y la radiación solar, de acuerdo a la distribución de la temperatura por meses, se observo que las areas con temperatura y radiación alta registraron las mayores emisiones de monoterpeno, concordando con lo dicho por (KUHN. U., et al., 2004 pp. 663-682), que manifiestan que la emisión de los monoterpenos esta condicionada a la temperatura y también a lo propuesto por (DINDORF. T., et al., 2006 pp. 1-15) ,que demostraron que los monoterpenos son dependientes de la luz. Este se vio reflejado en los meses de noviembre y diciembre donde se registraon las mayores emisiones de monoterpenos coinciendo con las mayores temperaturas registardas para este año, que se produjeron en estos mismos meses. Otro factor a tener en cuenta pero no en gran medida es la vegetación que conforma gran parte del área de la provincia que es de tipo perenne, este tipo de vegetación como lo indica (JAROL at el., 2014 p. 103), tienden ha aportar una mayor cantidad de emisiones de monoterpeno a diferencia de la vegetación de hoja caduca que esta mas relacionada con la emisión de isopreno (Mapa 12.4)

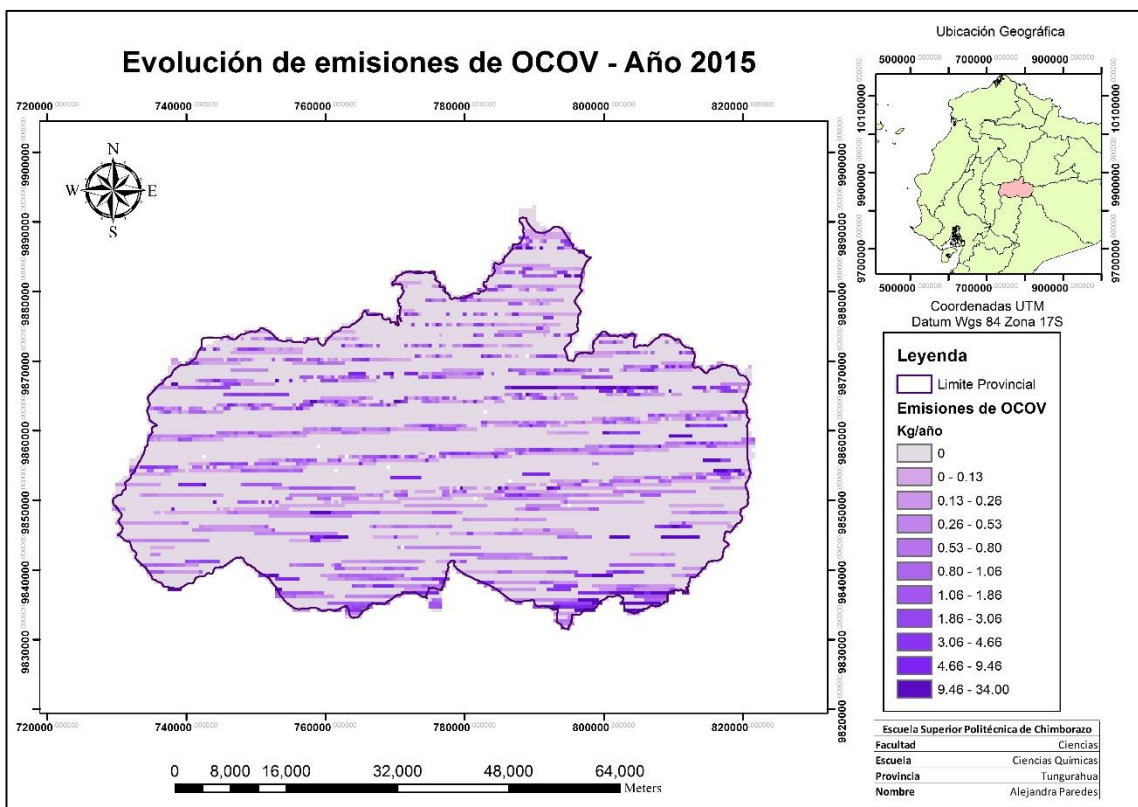


Mapa 12. 4 Emisiones de monoterpeno en la provincia de Tungurahua para el 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

#### 4.7. Distribución de las emisiones de OCOV para la provincia de Tungurahua en el 2015

Para la emisión total de otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV) en el año 2015, se registró un valor máximo de 34.00 Kg/año y un mínimo de 0 Kg/año, este mínimo se produjo debido a la falta de información, los valores registrados para la provincia están relacionados con la distribución de la vegetación, las emisiones son menores a los otros compuestos analizados, pero su presencia siempre coincide con la de las formaciones vegetales que se determinaron en el mapa de uso de suelos. Las áreas donde se registran los OCOV coinciden con las obtenidas para monoterpenos e isoprenos, esto nos indicó que las emisiones de OCOV son procesos secundarios que la vegetación realiza a la par de los que producen tanto los monoterpenos como los isoprenos, esta aseveración está acorde a lo dicho por (Caicedo, et al., 2010), los cuales indicaron que las emisiones de OCOV se encuentran presentes en todos los ecosistemas y procesos naturales, además su presencia es esencial en la vegetación ya que actúan como medio de atracción para los polinizadores, las comunicación con otras plantas y organismos y protección de la planta. (PEÑUELAS. J et al., 2010 pp. 133-144) (Mapa 13-4).



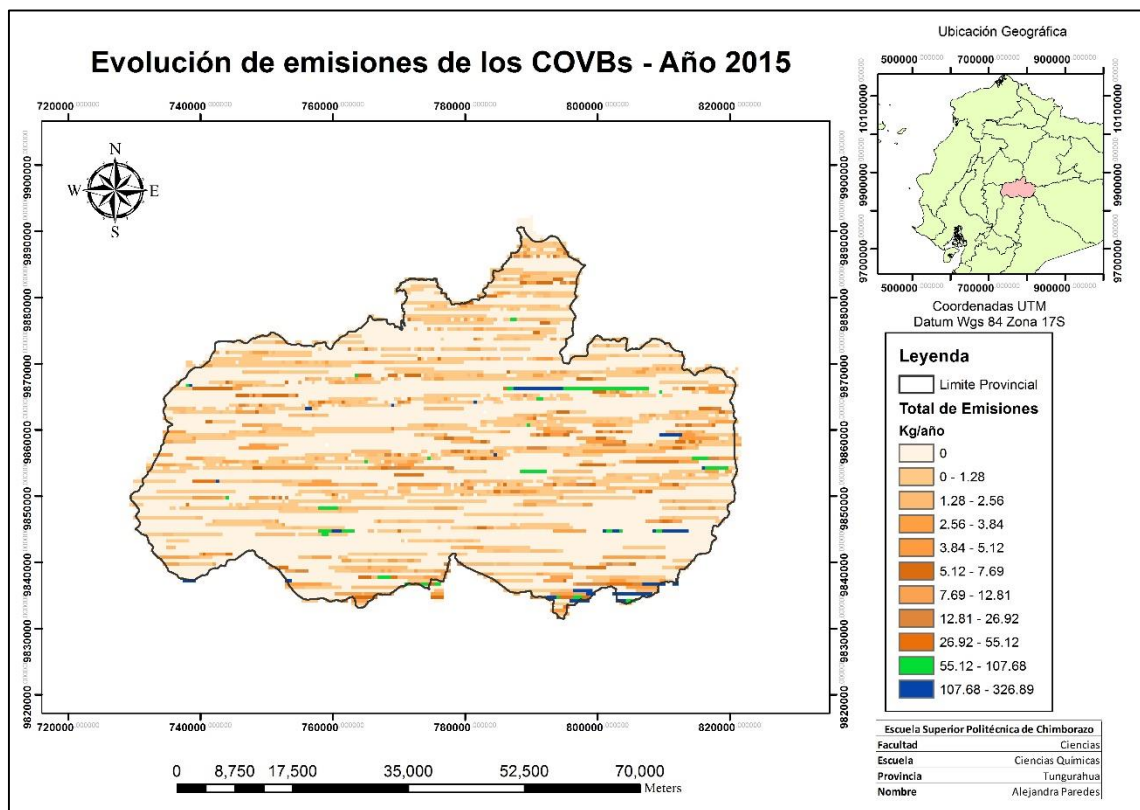
Mapa13- 4. Distribución de las emisiones de OCOV en Tungurahua para el 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016



#### 4.8 Distribución de las emisiones de COVB's para la provincia de Tungurahua en el 2015

El mapa 14-4 muestra la distribución de compuestos orgánicos volátiles totales de la provincia de Tungurahua para el año 2015 mostrando una uniformidad entre 0 y 248 kg/a. Las emisiones son altas por las temperaturas y el uso de suelo predominando el páramo y el bosque nativo.



**Mapa 14-4.** Distribución de las emisiones de COVB's en Tungurahua para el 2015

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

#### 4.9 Análisis de datos de los COVB's.

**Tabla 5-4** Datos obtenidos de los COVB's en el Ecuador

<b>Estudio</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Radiación Wm<sup>-2</sup></b>	<b>Isopreno t/a</b>	<b>Monoterpeno t/a</b>	<b>OCOV t/a</b>	<b>Total t/a</b>
MAE 2014 *	14 a 16	700-900	0.2	4.1	3.8	8.1
COVB's 2010 **	-3 a 28	743 - 885	250	100	40	390
COVB's 2015 ***	-2 a 32	180-520	0.17	0.22	0.034	22.48

\*"Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro"

\*\*"Estimación de las Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de la vegetación del Ecuador durante el año 2010."

\*\*\* "Evaluación de compuestos orgánicos volátiles no metanogénicos de origen biogénico en la provincia de Tungurahua del 2015".

**Realizado por:** . PAREDES, Alejandra, 2016

El estudio realizado por el MAE para nueve cantones del Ecuador; entre estos Ambato, arroja un total de 8.1 toneladas/año tomando en cuenta los rangos de temperatura y radiación; también existe la determinación de compuestos orgánicos volátiles en todo el Ecuador en el año 2010 con un rango más amplio que va entre 390 toneladas/ año aproximadamente y el último que se realizó en el 2015 para toda la provincia de Tungurahua con un total de 22.48 toneladas/año. No se puede realizar una comparación ya que no existe más investigaciones realizadas dentro de la provincia pero se puede apreciar que los datos obtenidos tiene coherencia y estan dentro de los rangos de las otras investigaciones permitiendo conocer las emisiones de estos gases a la atmósfera.

#### 4.10. Método para el análisis de incertidumbre

Se aplicó el análisis cualitativo, con la herramienta de un sistema de calificación de los factores de emisión y de los niveles de actividad tomando en cuenta que ya fue utilizado en el inventario de emisiones del Cantón Cuenca año base 2007 (PARRA, 2008). Este sistema se basa en el enfoque del *Data Attribute Ratings System (DARS)* (USEPA, 2004), y utiliza una calificación alfabética y colorimétrica de los niveles, proporcionando una calificación compuesta, según las combinaciones de la (tabla 5-4).

**Tabla 5-4.** Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones

Actividad	Factor de Emisión				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Fuente: US National Library of Medicine Natural Institutes of Herth.2012

**Interpretación de la tabla:**

- Categoría A, calidad muy alta. La estimación es bastante fiable.
- Categoría B, calidad alta. La estimación es fiable, pero se pueden tomar acciones para disminuir su incertidumbre.
- Categoría C, calidad media. La estimación es medianamente fiable y se podría mejorar, en función del nivel de las emisiones del sector calificado y su peso en relación al valor total del inventario de emisiones
- Categoría D, calidad baja. La estimación es poco fiable y se recomienda mejorarla, en función del nivel de las emisiones del sector calificado y su peso en relación al total del inventario de emisiones
- Categoría E, calidad muy baja. La estimación es muy poco fiable y se recomienda mejorarla, en función del nivel de las emisiones del sector calificado y su peso en relación al total del inventario de emisiones. La estimación no ha sido corroborada con mediciones.

En la tabla 6-4 se determinó el análisis de incertidumbre en el estudio de la provincia teniendo como resultado una calidad alta y viable, siempre en función de mejorar en relación al total de emisiones para poder reducir el nivel de incertidumbre. Tungurahua pase a ser una provincia pequeña en extensión territorial es muy rica en factores internos y externos.

Que pueden influir en la estimación para este tipo de emisiones ya que la interacción de lo biótico y abiótico aumenta la incertidumbre. También se ve afectada por la falta de investigación de especies vegetales propias de la provincia y del Ecuador en si en relación en la capacitada de emisión de COV's.

**Tabla 6-4** Valoración de cualitativa de la incertidumbre de las Emisiones de COVB's en el Ecuador en el año 2015

Atributo	Calificación	Observación
Temperatura	B	Los datos se recogieron por técnicos expertos en el área
PAR	B	Se obtuvo por simulaciones tomando encuesta que es la mitad del porcentaje de radiación total
Densidad de biomasa foliar	D	Las especies vegetales presentes en el estudio en su mayoría fueron obtenidas de referencias de estudio
Mapa de uso de suelo	A	Fue diseñado gracias a la investigación realizada en campo por varios investigadores
Promedio	B	
<b>Factores de emisión</b>		
Isopreno	D	Una gran variedad de vegetación característico de la provincia, no existen estudios en relación de emitir COV's, para lo que se utiliza base de datos internacionales.
Monoterpeno	D	Una gran variedad de vegetación característico de la provincia, no existen estudios en relación de emitir COV's, para lo que se utiliza base de datos internacionales
OCOV	E	Una gran variedad de vegetación característico de la provincia, no existen estudios en relación de emitir COV's, para lo que se utiliza base de datos internacionales
Promedio	D	

Realizado por: PAREDES, Alejandra, 2016

En promedio se obtiene un B en la calificación de los atributos de actividad con un D en la densidad de la masa foliar porque no existen estudios que permita tener esta información y D en los factores de emisión y como resultado global es una D.

## CONCLUSIONES

- La evaluación de los COVB's durante el año 2015 en la provincia de Tungurahua indicó una mayor emisión de monoterpenos, esto debido a la distribución del uso de suelo en la provincia, se determinó los rangos más altos en las áreas conformadas por bosque nativo, el cual abarco una superficie de 95424.805 Ha, que represento el 28.06 % del área total, esto sumado a la presencia de pastizales también generadores de monoterpenos con un área de 48035.300 Ha, que represento el 14.12 % del total.
- La presencia de los isoprenos en comparación a los monoterpenos es baja, debido a la poca presencia de vegetación arbustiva, principal emisora de este gas, con una superficie de 17427.859 Ha, que corresponde al 5.18 % del total, además las temperaturas extremas tanto bajas como altas registradas en el año, pudieron incidir en la producción anual calculada, su presencia en toda la provincia está ligada al proceso de fotosíntesis, donde este gases es un producto secundario del mismo, por lo que donde haya vegetación habrá presencia del gas.
- Los OCOV al formar parte esencial de los procesos químicos de la vegetación, sus emisiones estuvieron sujetas a la distribución de la cubierta vegetal, sin importar el tipo de vegetación existente o las condiciones climáticas que predominaron en el área de estudio, de los tres gases estos fueron los que menores rangos de emisión se obtuvieron, esto está influenciado por la falta de información del factor de emisión para las especies de la provincia.
- De acuerdo a la normativa y parámetros nacionales e internacionales, con un rango máximo de 164.43 Kg/año para isopreno, 217.20 Kg/año para monoterperno y 34 Kg/año para OCOV, estos gases no sobrepasan los límites máximos permisibles, por lo tanto la provincia no contribuye con alta emisión para la producción del ozono troposférico, uno de los principales destructores de la capa de ozono
- La especie vegetal que más emisiones de OCOVB's produce de acuerdo a los usos es suelo evaluados son: *Calamagrostis intermedia* con  $0.6 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ , para páramo, seguida por *Miconia cladonia* con  $11.51 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ .en bosque nativo y *Coffea sp.* con  $44 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ , en cultivo permanente.

## **RECOMENDACIONES**

- Implementación de redes de vigilancia de la calidad del aire para determinar niveles de concentración de COV's que son perjudiciales para el ser humano y el medio ambiente.
- Fomentar la investigación en las universidades para la determinación de los factores de emisión para las especies vegetales que se encuentran en el país.
- Dar seguimiento a este tipo de trabajos investigativos a medida que la información base se siga generando, 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

- ACOSTA Rivera, L.** "Agenda Ambiental", *Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua*, (2005),(Ambato-Ecuador) pp. 29- 42.
- ACOSTA, L.** *Viabilidad de la Temperatura*, Ambato, Agenda Ambiental de Tungurahua, (2014) pp. 54-55.
- AGUILAR Arízaga, A., & Cabrera Palacios, M.** *Informe de la calidad del Aire 2015*, [en línea]. Municipalidad de Cuenca . [Consulta: 15 de febrero de 2016]. Disponible en: [http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/Calidad%20del%20Aire%20final%202015\\_0.pdf](http://www.emov.gob.ec/sites/default/files/Calidad%20del%20Aire%20final%202015_0.pdf)
- ARNETH, A., Schurgers,el at.,** "Effects of species composition, land surface cover CO2 concentration and climate on isoprene emissions from european forest", (2008). *Plant Biology*, pp. 150 - 162.
- BERNABÉ, E. V.** *Emisiones biogénicas*, Primera Ed. México-México, 2004: Editorial Raúl del Pont Lalli. pp.62-87.
- BOLIVAR, D. M.** *Estudio de Compuestos Orgánicos Volátiles de origen Biogénico y su Contribución a la Dinámica Atmosférica*, [en línea](tesis)(Maestría) Universidad de Chile, 23 de Septiembre de 2012. pp. 56-80. Disponible en: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Peralata,%20Hugo.pdf>
- CAICEDO, Y., et al.,** "Emisiones de compuestos organicos volatiles de origen biogénico y su contribucion a la dinamica atmosferica". *Intropica*, 2010, pp. 77 - 86.
- CALDERON, F. M.** Contaminantes Orgánicos Volátiles. *Mexico, Df*, (2002) pp. 302-309.
- CAMARGO Caicedo, Y. & BOLAÑO Ortiz Rafael, T.** "Emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico y su contribución a la dinámica atmosférica", *Intropica*, 2010 pp. 77-86.
- CEDEÑO, V. C.** *Especialista de Dialogo Social at secretaria de pueblos*. [en línea] Obtenido de Territorio de Tungurahua para el Desarrollo Rural, [consulta: 16 de Marzo de 2016]. Disponibe en: <http://es.slideshare.net/usuariorimisp/presentacin-de-territorio-de-tungurahua-ecuador>
- CHÁVEZ, Molina R., et al.,** *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados*,

*Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro.* [en línea] Quito, (2014)[  
consulta: 17 de Septiembre, 2016].

**CONGRESO NACIONAL DEL ECUADOR.** *Lexis: Registro Oficial Suplemento # 418.* [en  
línea] Obtenido de LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA  
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, 2004 [consulta: 10 de septiembre de 2016].  
Disponible en: [http://www.ambiente.gob.ec/wp-  
content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-  
CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf](http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf)

**CUICUILCO, I.** *Instituto Nacional De Ecología Y Cambio Climático, México - Algunos  
Derechos Reservados.* [en línea] Obtenido de Fuentes de contaminación del aire.  
[consulta: 12 de Mayo de 2014]. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/calair-  
informacion-basica/537-calair-fuentes](http://www.inecc.gob.mx/calair-informacion-basica/537-calair-fuentes)

**DÁVALOS, H.** *Resultados del INEC censo 2010.* [en línea] Obtenido de en Ecuador somos y  
en Tungurahua, (18 de Diciembre de 2010). Disponible en:  
[https://issuu.com/hdavalos/docs/datos\\_tungurahua](https://issuu.com/hdavalos/docs/datos_tungurahua)

**DE GUENTHER, A. H.** *Lancaster University- reseachdirectory.* [en línea] Obtenido de A  
global model of natural volatile organic compound emissions. *Journal of Geophysical  
Research* (1995). Disponible en:  
[http://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/a-global-model-of-natural-  
volatile-organic-compound-emissions\(b50a8662-f5b7-4381-b3a2-  
31dbc084a605\)/export.html](http://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/a-global-model-of-natural-volatile-organic-compound-emissions(b50a8662-f5b7-4381-b3a2-31dbc084a605)/export.html)

**DÍAZ Suárez, V., et al** *Calidad de Aire en Quito Informe Anual,* [en línea] [Consulta: 20 de  
Julio de 2016]. Disponible en:  
[http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo  
/informacion/ICA2015.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf)

**DINDORF, T. et al.,** "Significant light temperature dependent monoterpene emissions from  
European beech (*Fagus sylvatica* L) and their potential impact on the european volatile  
organic compound budget ". *Journal of Geophysical Research,* (2006). pp. 1 - 15.

**EPA.** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. *Methods for measuring the acute  
Toxicity of Effluents and Receiving.* Laboratory - Cincinnati: Cornelius I. Weber, (2003)

**EUROPEA, U.** *Las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE aumentan por segundo  
año consecutivo.* [en línea] Obtenido de Agencia Europea del medio ambiente. [Consulta:  
12 de Agosto de 2016] Disponible en:



<http://www.eea.europa.eu/downloads/25bec446b1c2adec9a06f1423a99dbbf/1467133800/ghg-2003-es.pdf>

**FINLAYSON, P., & PITTS, J.** *Chemistry of the upper and lower atmosphere*. [en línea] Obtenido de Theory, experiments and applications. Academic Press, (12 de Octubre del 2011). Disponible en: [file:///C:/Users/Alejandra/Downloads/corada\\_ka%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Alejandra/Downloads/corada_ka%20(2).pdf)

**FUNDACIÓN NATURA DEL ECUADOR.** Resumen del Inventario de emisiones atmosféricas en cantón Cuenca año base 2007 actualizada en el (2009) . *Natura*, p. 12.

**HUTYRA, L.R. J. C.** *Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazonia*. California: Geophysical Research Letters, Vol.32, L24712, (2005)

**KUHN, U., et al.**, "Seasonal differences in isoprene and light-dependent monoterpene emission by amazonian tree species". *Global change biology* , (2004) pp. 663 - 682.

**LANCASTER, U.** *Isoprene and monoterpene emission potentials*. [en línea] (febrero del 2002). [consulta:26 de Abril del 2016]. Disponible en: <http://www.lancaster.ac.uk/lec/>

**LEÓN, J. M.** Compuestos Orgánicos Volátiles. *SEBIOT (Sociedad Española de Biotecnología)*, (2003) pp. 376-399.

**LIMONCHI Tamamoto, F.** *Análisis de Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles de origen Biogénico (BVOCs) en bosque Tropical Amazónico*(tesis).(Maestría) [en línea]. Universidad de Chile, (Junio de 2010). Disponible en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**MENA J, A. N.** *Estudio del estado actual del ecosistema páramo en Tungurahua*. Ambato, (2015): GIZ. Corporación alemana.

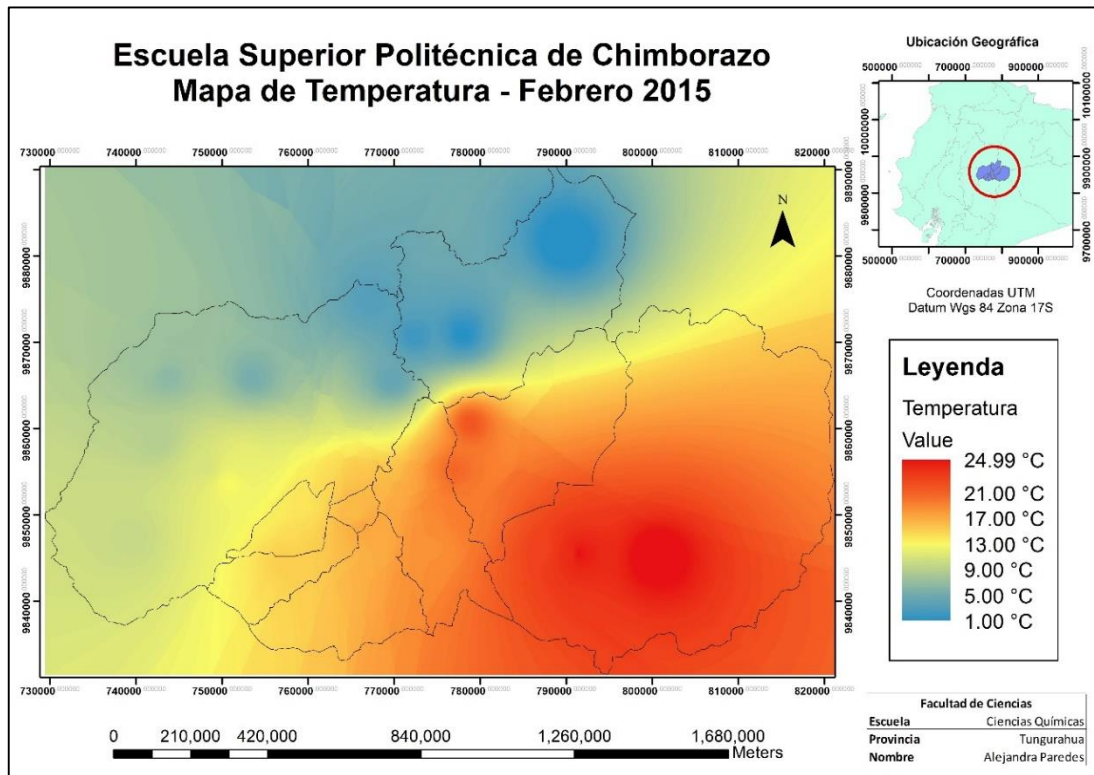
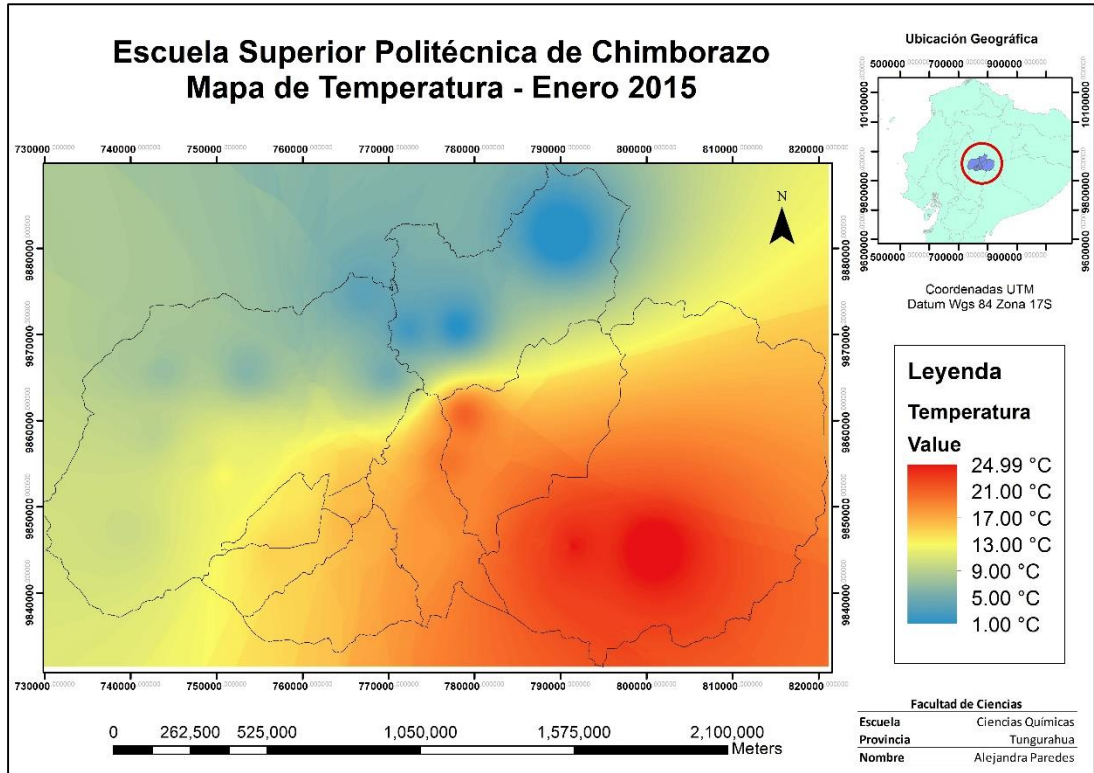
**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR.** *Lexis: Registro Oficial Suplemento 418*. Obtenido de LEY DE GESTION AMBIENTAL, (10 de Septiembre de 2004). [consulta: 16 de agosto del 2016]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

**VITERI Uzcátegui, R.** *Estimación de las Emisiones de Compuestos*. (tesis)(pregrado) [en línea]. Universidad San Francisco de Quito ,12 de Diciembre de 2012. pp. 1-115. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2222/1/106048.pdf>

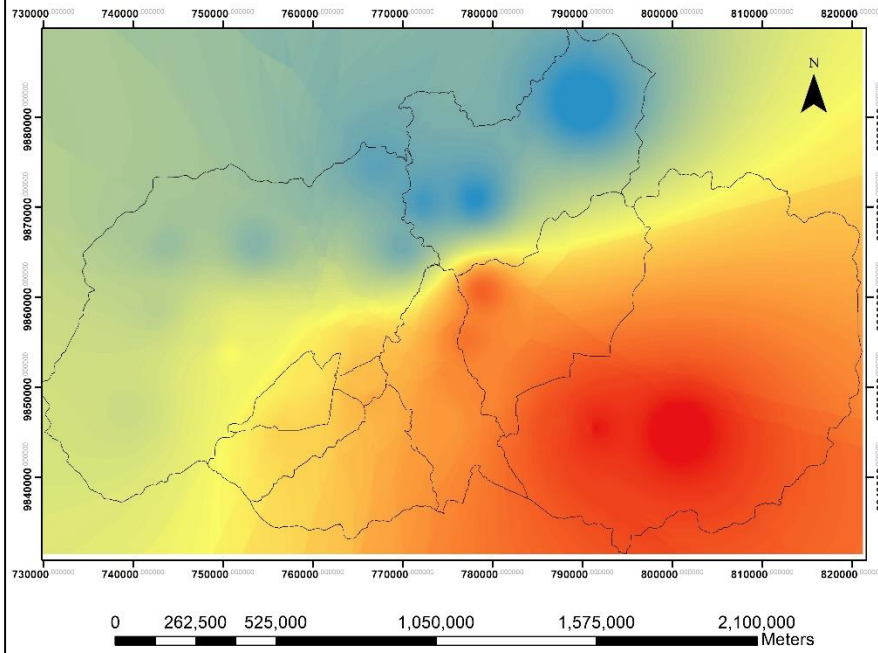
**WAGNER Fabien, E. R.** "Effects of Plot Size and Census Interval on Descriptors of Forest Structure and Dynamics", (2010) *Biotropica*, pp. 664-671.

# ANEXOS

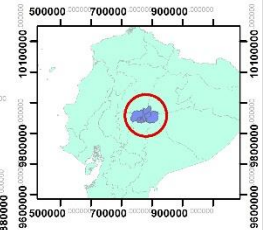
## Anexo A. Mapas de Temperatura



## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Marzo 2015



### Ubicación Geográfica

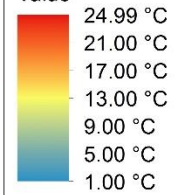


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Legenda

#### Temperatura

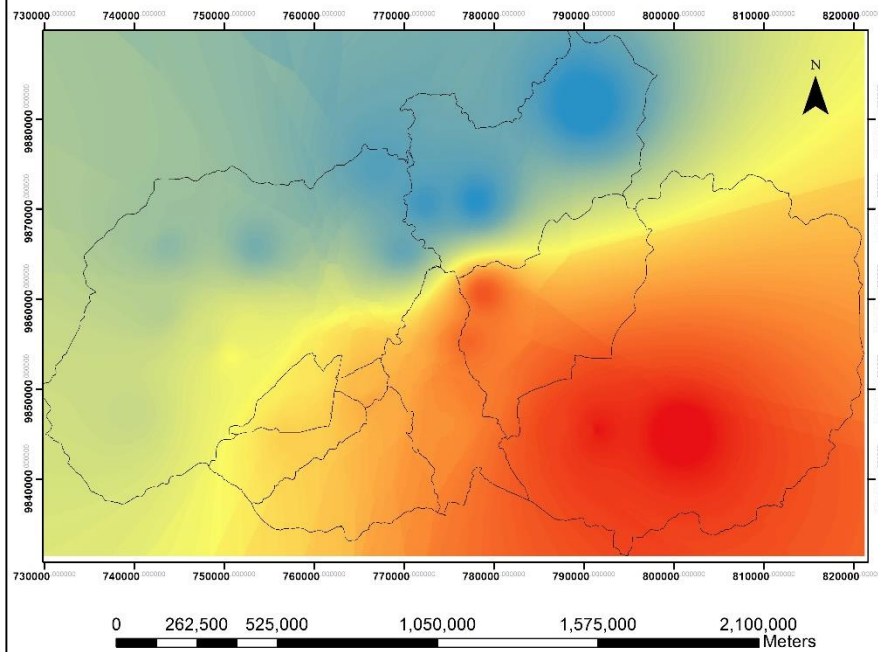
#### Value



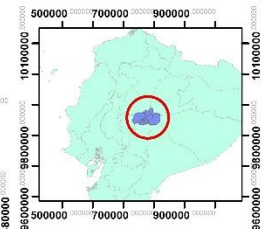
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Abril 2015



### Ubicación Geográfica

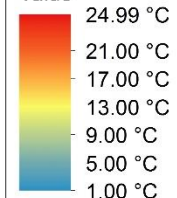


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Legenda

#### Temperatura

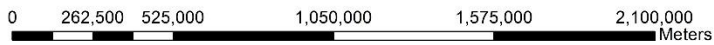
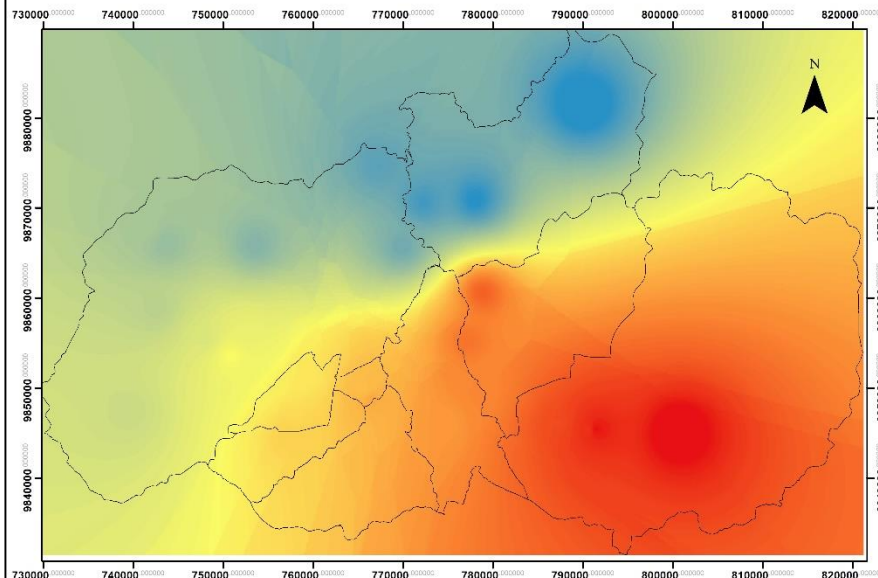
#### Value



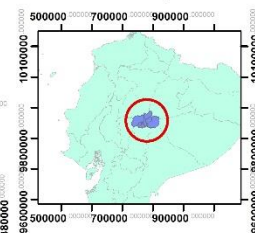
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Mayo 2015



### Ubicación Geográfica

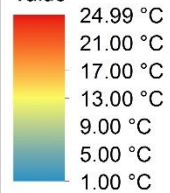


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

#### Temperatura

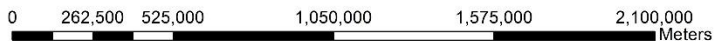
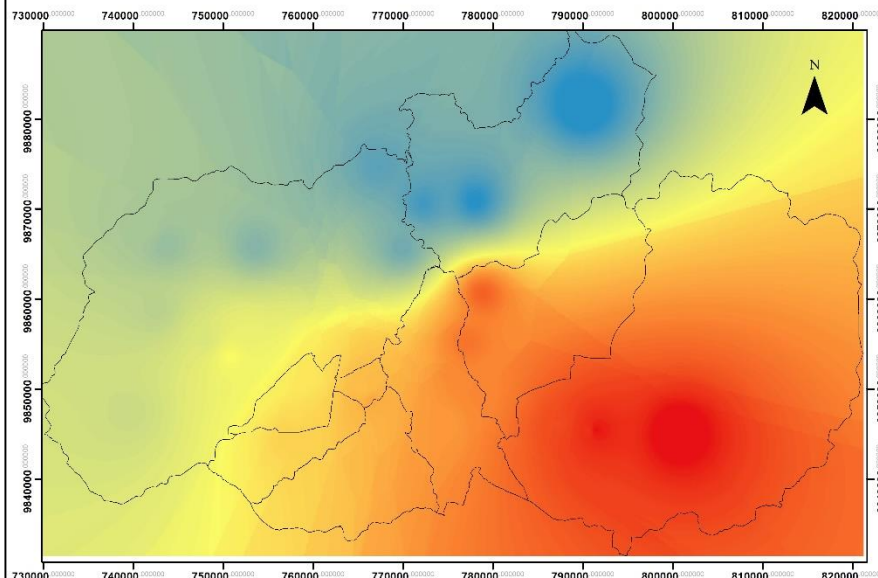
#### Value



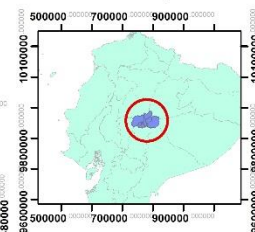
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Junio 2015



### Ubicación Geográfica

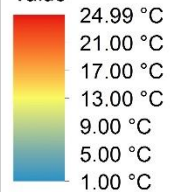


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

#### Temperatura

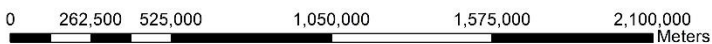
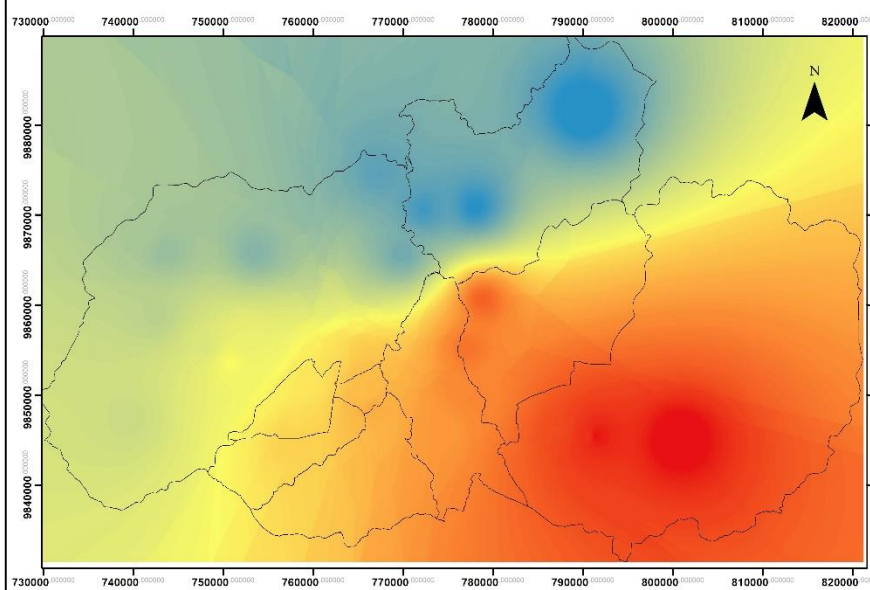
#### Value



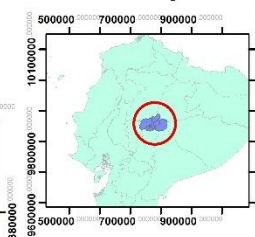
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Julio 2015



### Ubicación Geográfica

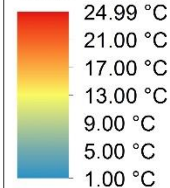


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

#### Temperatura

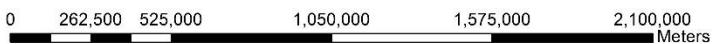
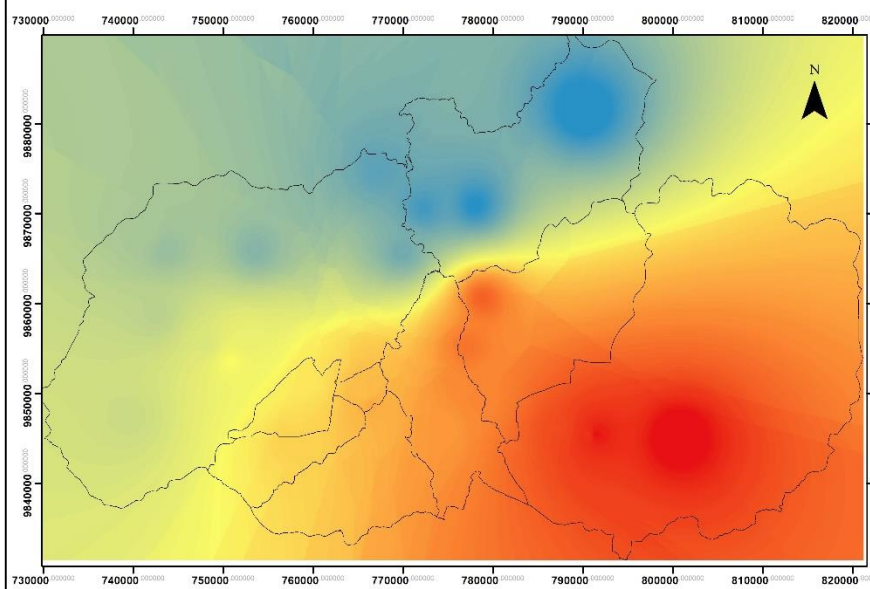
##### Value



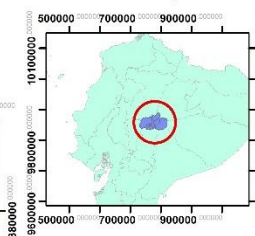
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Agosto 2015



### Ubicación Geográfica

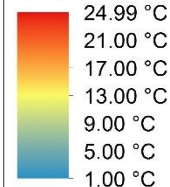


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

#### Temperatura

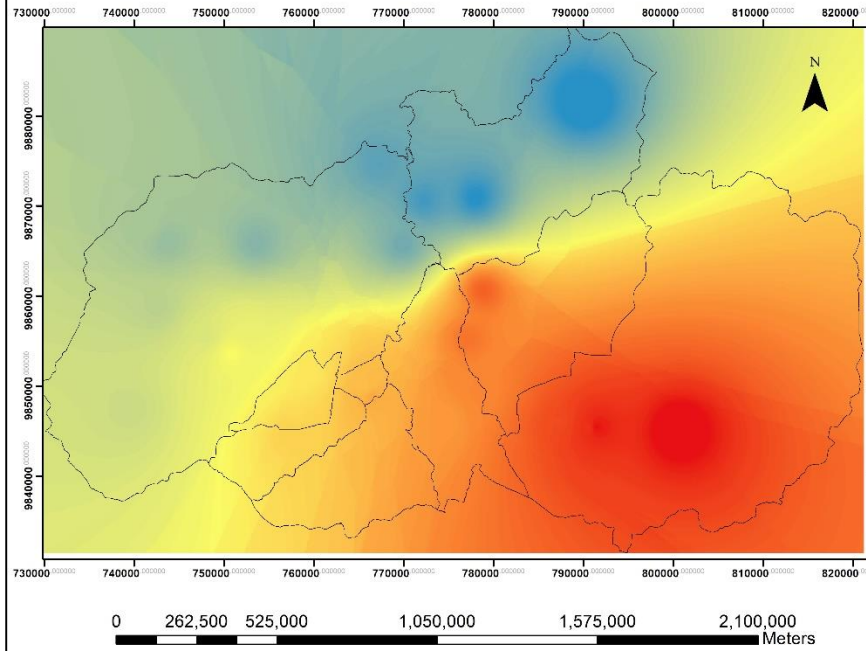
##### Value



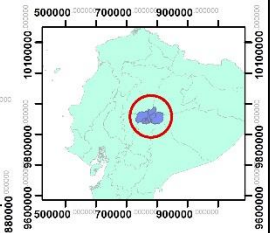
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Septiembre 2015



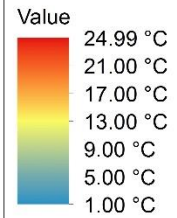
### Ubicación Geográfica



Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

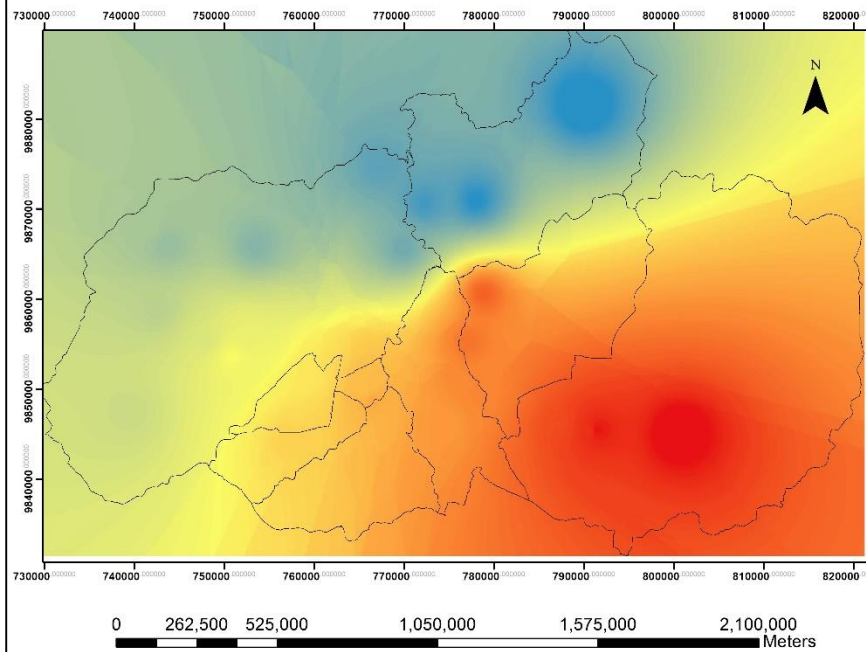
#### Temperatura



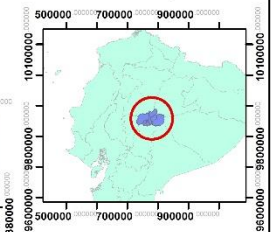
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Octubre 2015



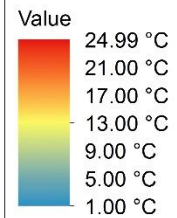
### Ubicación Geográfica



Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

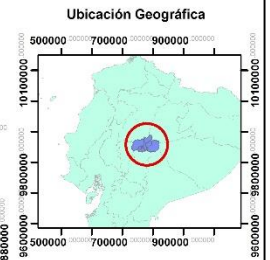
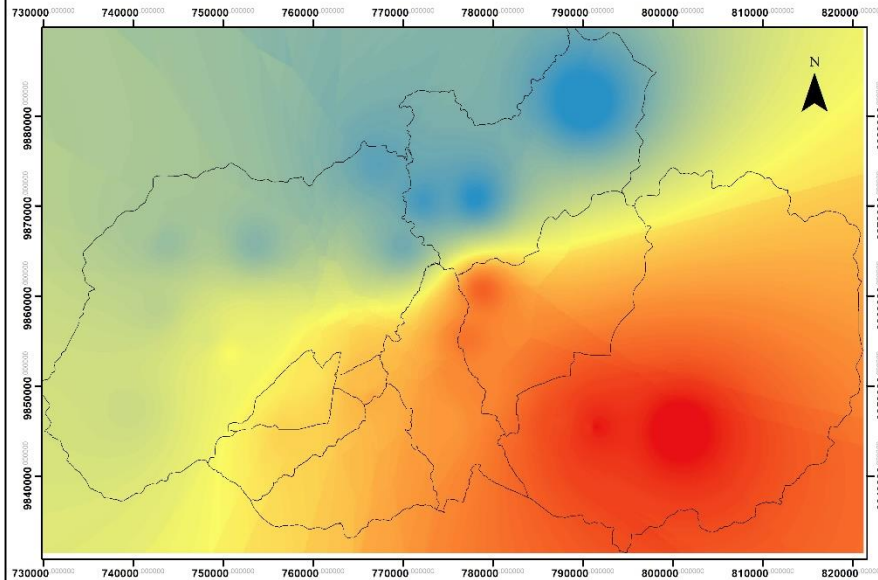
#### Temperatura



### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

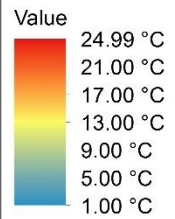
## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Noviembre 2015



Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

#### Temperatura

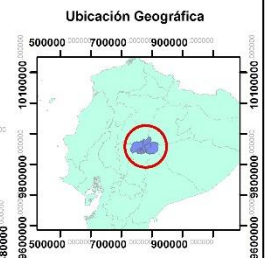
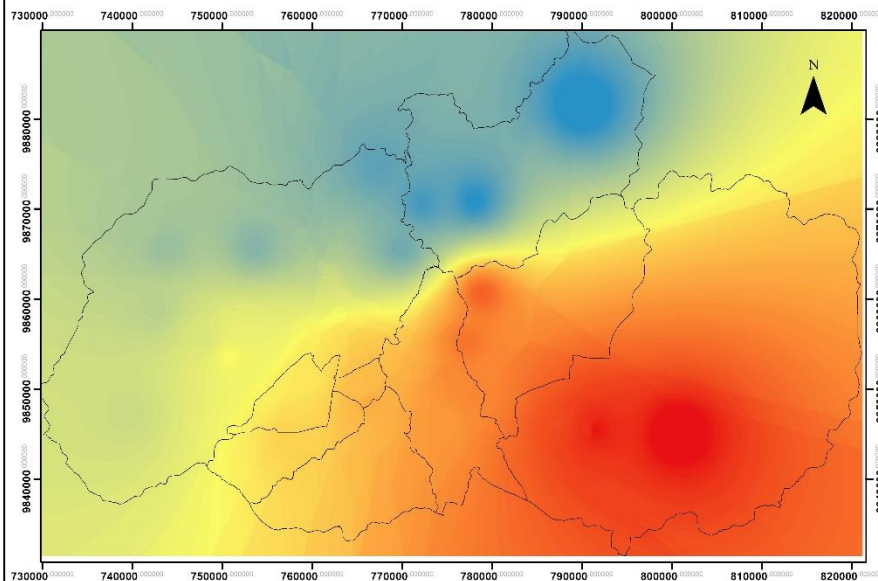


#### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

0 262,500 525,000 1,050,000 1,575,000 2,100,000 Meters

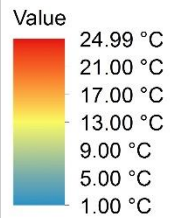
## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Temperatura - Diciembre 2015



Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

#### Temperatura

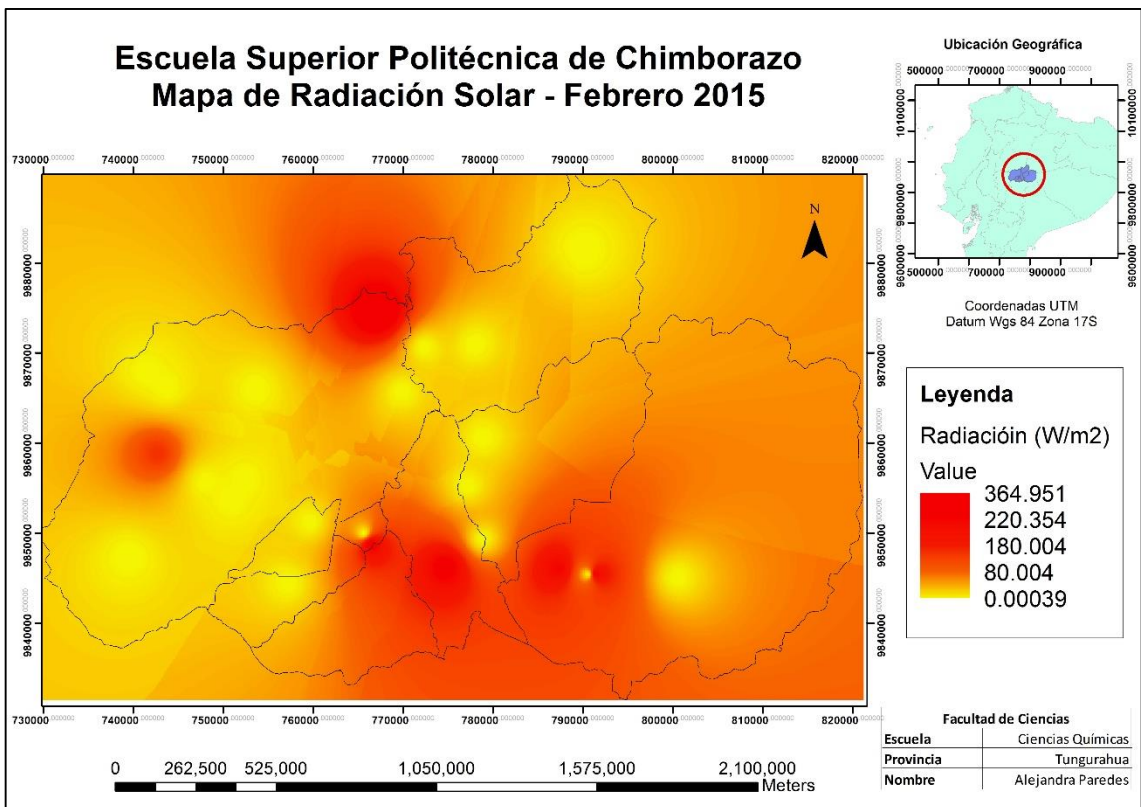
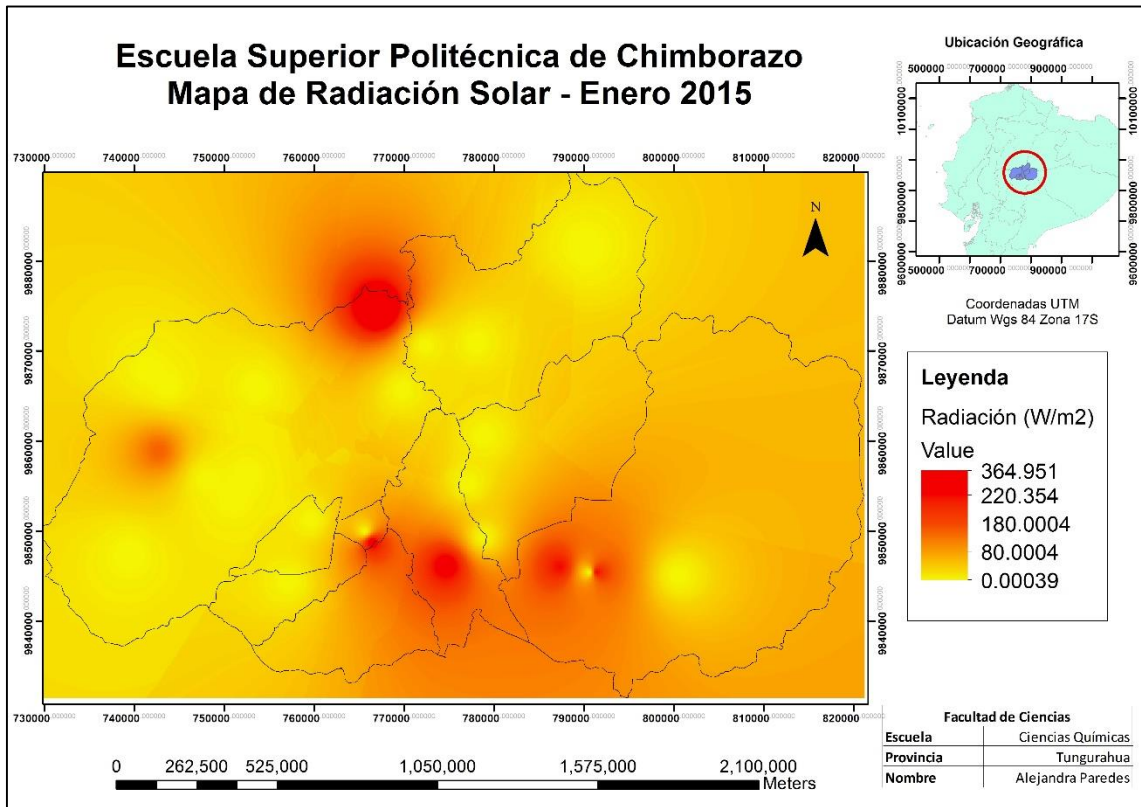


#### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

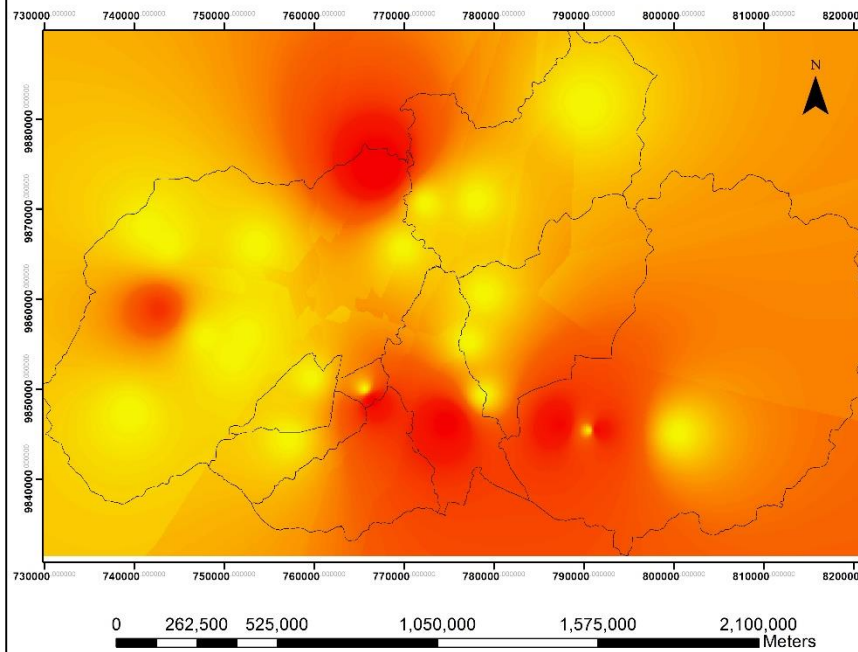
0 262,500 525,000 1,050,000 1,575,000 2,100,000 Meters

## Anexo B. Mapas de Radiación Solar

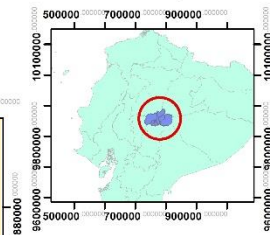




## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Marzo 2015



### Ubicación Geográfica



Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

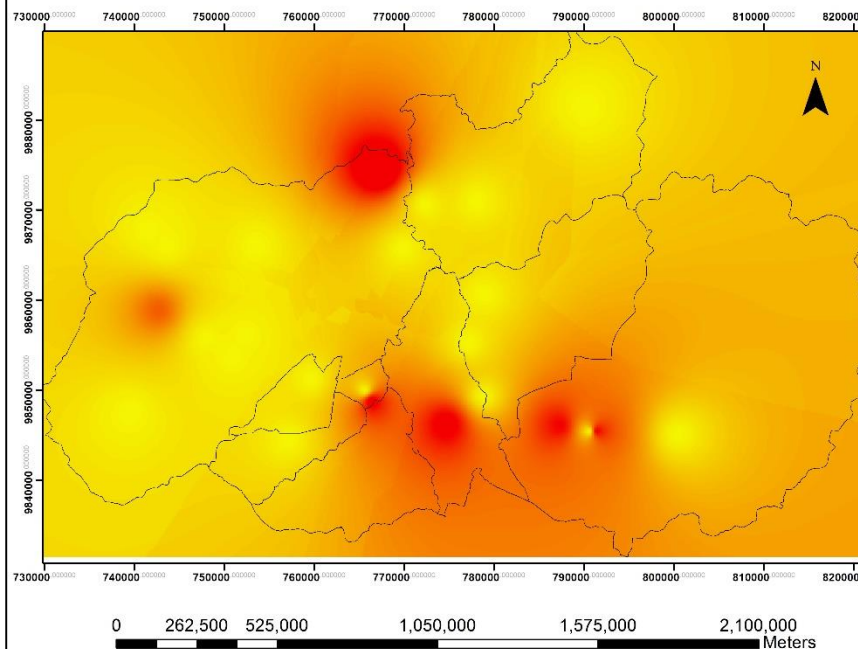
Value



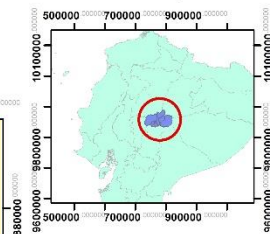
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Abril 2015



### Ubicación Geográfica

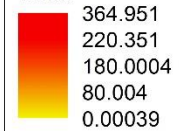


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

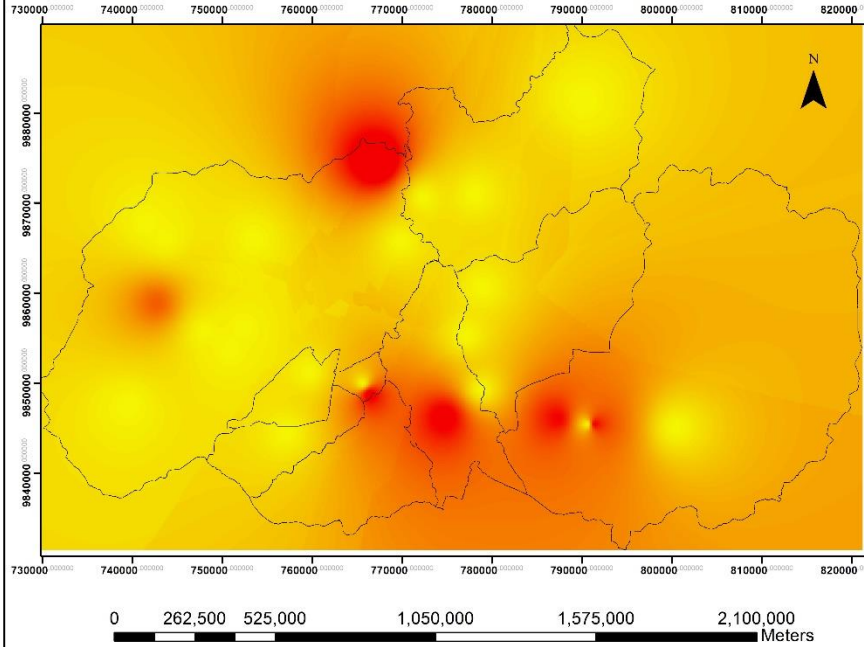
Value



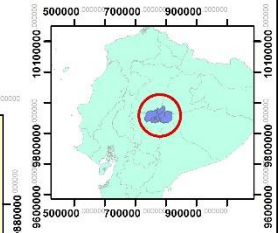
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Mayo 2015



### Ubicación Geográfica

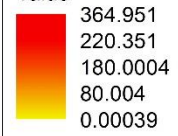


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

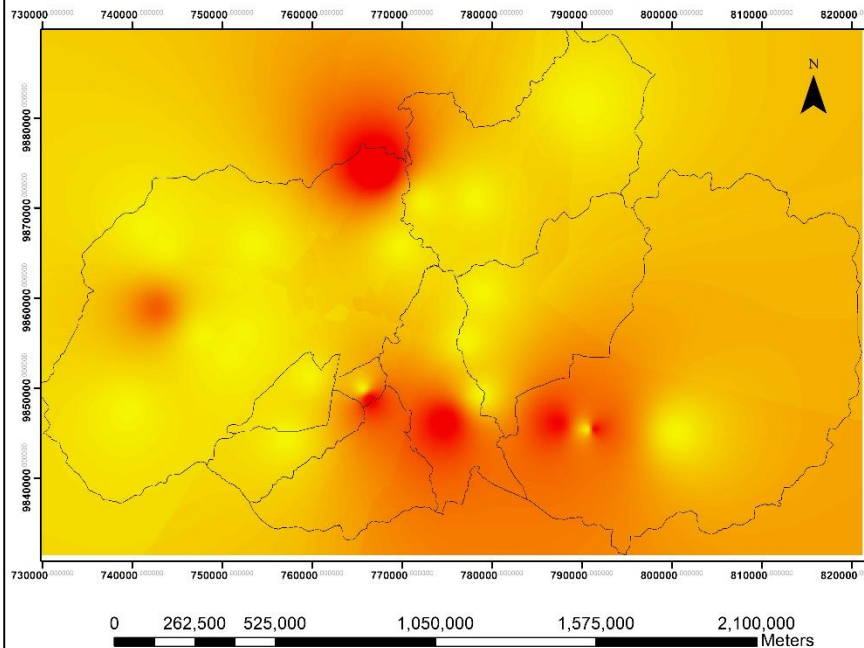
Value



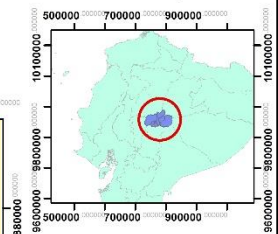
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Junio 2015



### Ubicación Geográfica

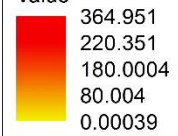


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

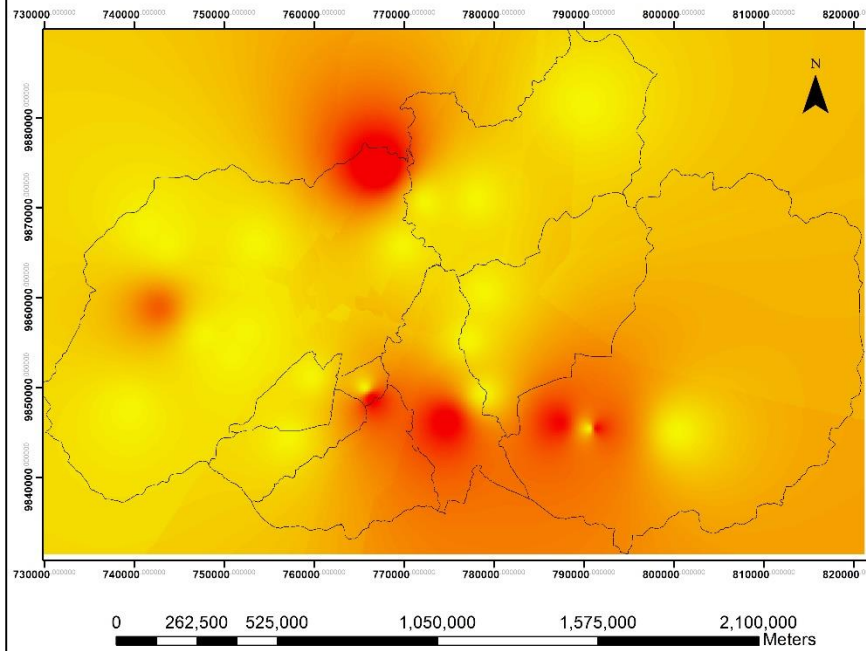
Value



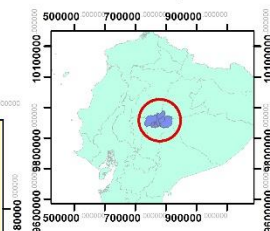
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Julio 2015



### Ubicación Geográfica

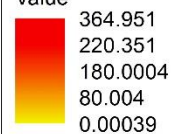


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

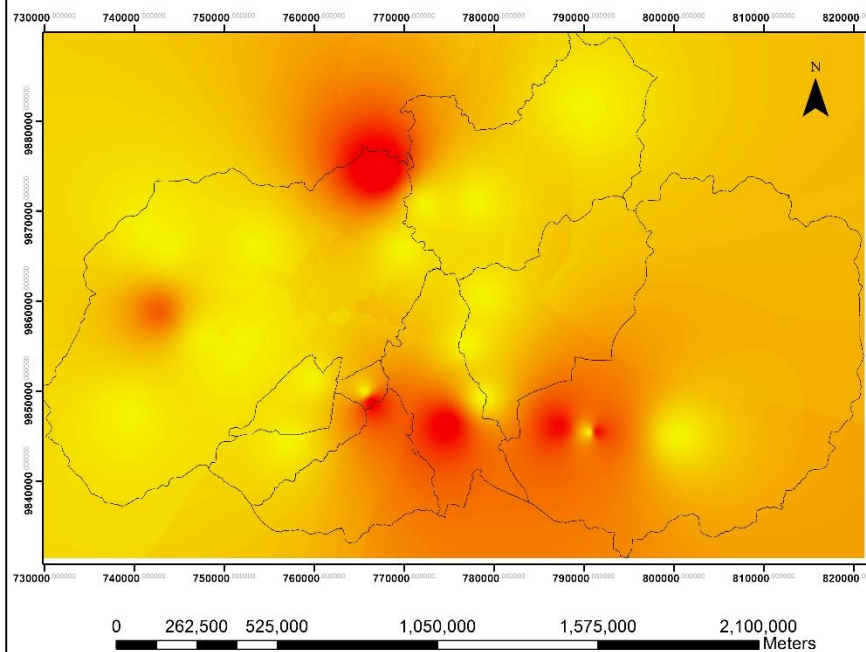
Value



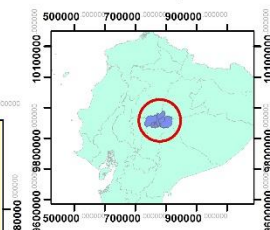
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Agosto 2015



### Ubicación Geográfica

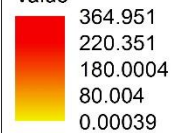


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

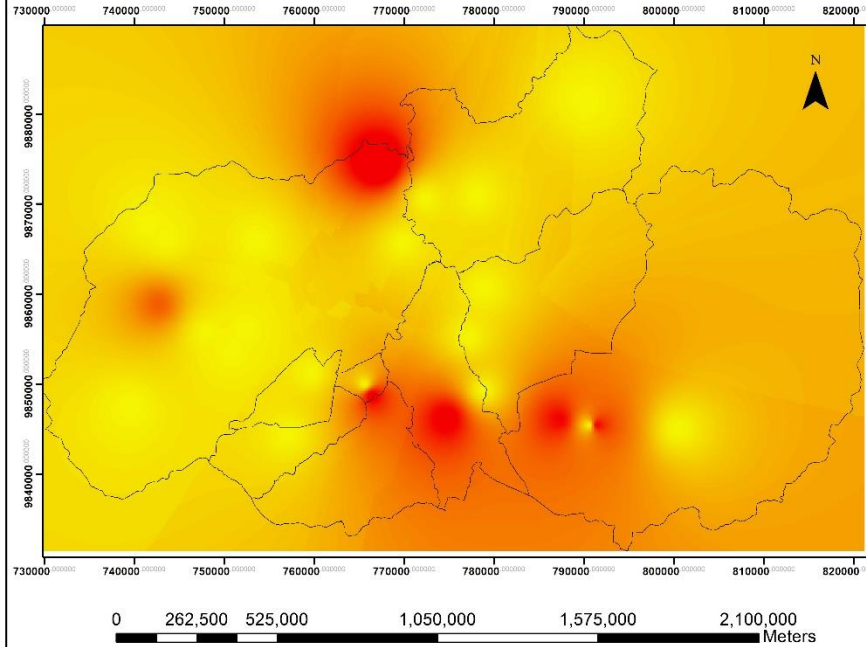
Value



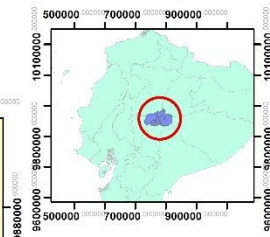
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Septiembre 2015



### Ubicación Geográfica

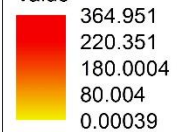


Coordenadas UTM  
Datum Vgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

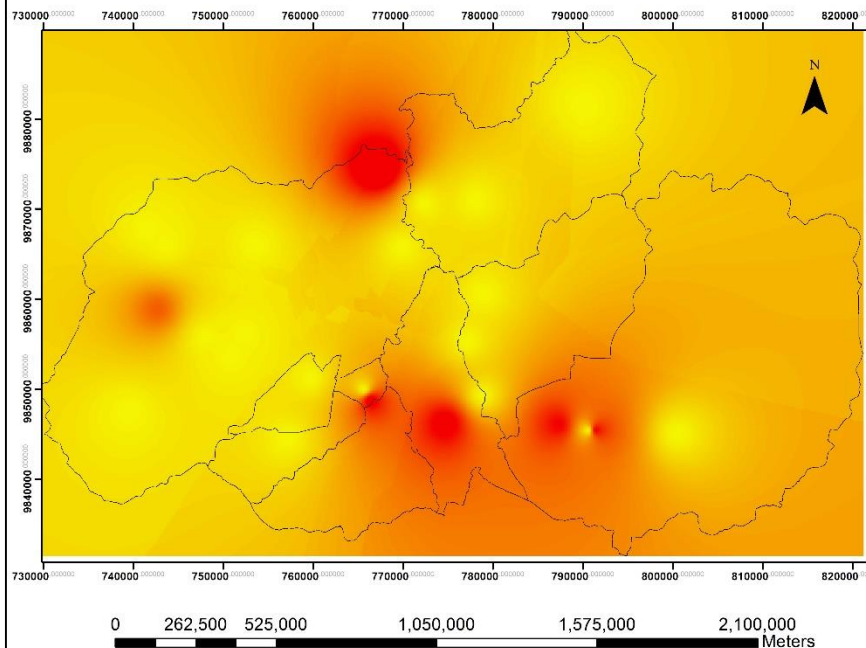
Value



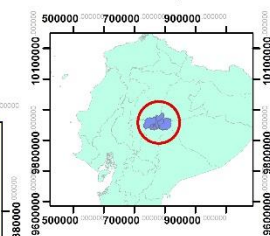
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Octubre 2015



### Ubicación Geográfica

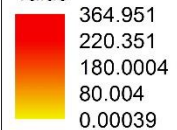


Coordenadas UTM  
Datum Vgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

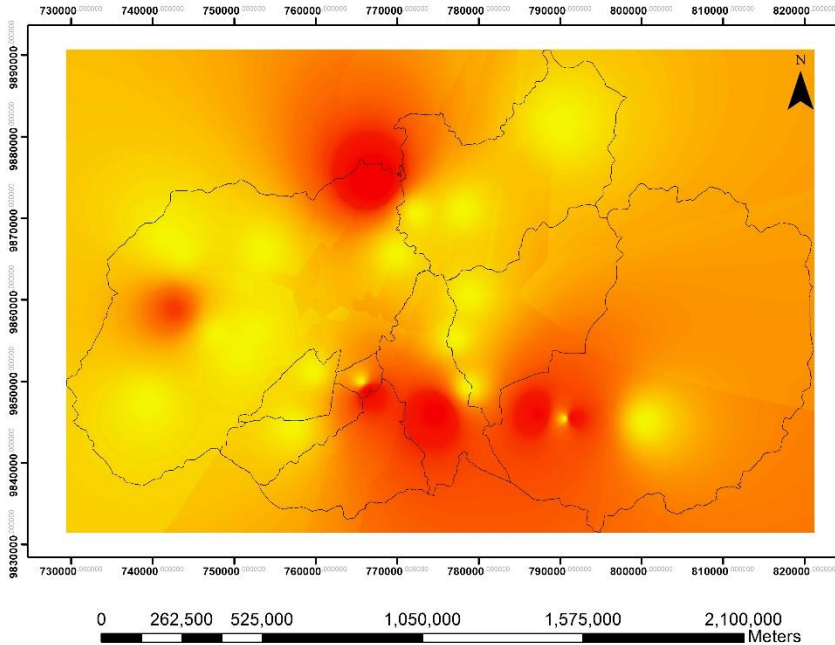
Value



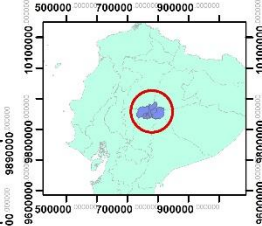
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Noviembre 2015



### Ubicación Geográfica

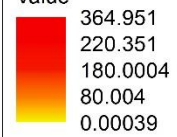


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

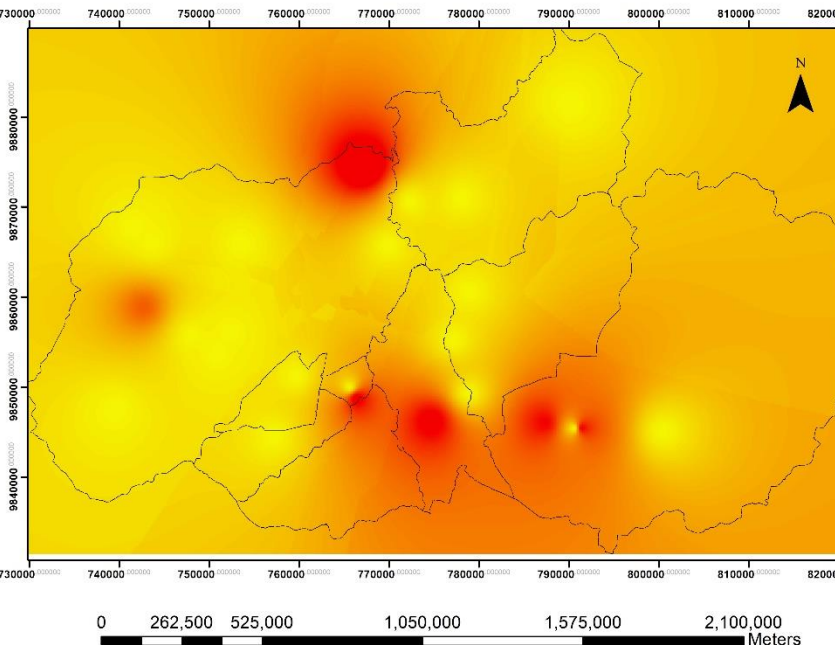
Value



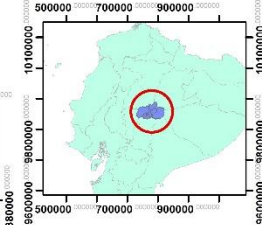
### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes

## Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Mapa de Radiación Solar - Diciembre 2015



### Ubicación Geográfica

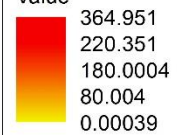


Coordenadas UTM  
Datum Wgs 84 Zona 17S

### Leyenda

Radiación (W/m<sup>2</sup>)

Value



### Facultad de Ciencias

Escuela	Ciencias Químicas
Provincia	Tungurahua
Nombre	Alejandra Paredes