

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE COMPUESTOS
ORGÁNICOS VOLÁTILES DE LA VEGETACIÓN DEL
ECUADOR DURANTE EL AÑO 2010.**

María Rafaela Viteri Uzcátegui

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniera

Ambiental

Quito, Diciembre del 2012

Universidad San Francisco de Quito

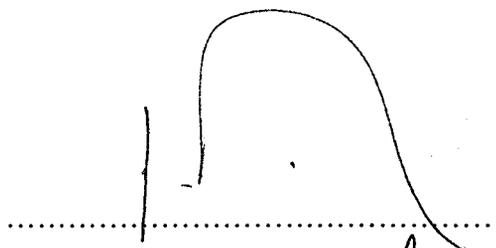
Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACION DE TESIS

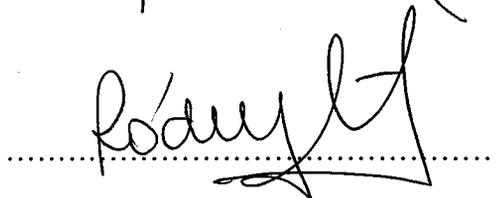
**Estimación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de la vegetación
del Ecuador durante el año 2010.**

María Rafaela Viteri Uzcátegui

Dr. René Parra
Director de Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Parra', written above a horizontal dotted line.

Rodny Peñafiel, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rodny Peñafiel', written above a horizontal dotted line.

María del Carmen Cazorla, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Cazorla', written above a horizontal dotted line.

Santiago Gangotena, Ph.D.
Decano del Colegio Politécnico

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. Gangotena', written above a horizontal dotted line.

Quito

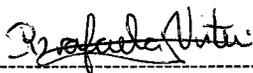
✓ Diciembre 2012.

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:



Nombre: María Rafaela Viteri Uzcátegui

C. I.: 0603357682

Fecha: 1/1/2013

Agradecimientos

Dr. René Parra por su apoyo, ayuda y guía acertada durante la elaboración del presente trabajo.

Ing. Marco Yépez, Director de Proyectos del Ministerio de Ambiente del Ecuador, por la información brindada

Departamento de Geomática de EP Petroecuador, por la guía brindada sobre GIS y el apoyo durante el desarrollo del material geográfico.

Resumen

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico son de gran importancia debido a su potencial influencia en la formación de ozono troposférico. Se estimaron las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de la vegetación del Ecuador, para el año 2010, diferenciados en tres categorías en función de su reactividad: isopreno, tiempo de vida de 1 a 2 horas; monoterpenos, tiempo de vida de 0.5 a 3 horas; y otros compuestos orgánicos volátiles que generalmente tienen un tiempo de vida de 1 día. Se aplicó el modelo básico de Guenther, que considera a la temperatura y a la radiación solar fotosintéticamente activa como los parámetros físicos de mayor influencia. Se determinaron las emisiones horarias, diarias representativas para cada mes, mensuales y anuales. Los resultados se presentan en mapas georeferenciados. Las emisiones totales ascienden a 1855.6 kt a^{-1} , de las cuales 1278.6 kt a^{-1} corresponden al isopreno, 427.6 kt a^{-1} a los monoterpenos y 149.3 kt a^{-1} a los otros compuestos orgánicos volátiles. Las mayores emisiones se localizan en las zonas con cultivo de palma africana, en las provincias de Santo Domingo y Esmeraldas. Esta estimación tiene un alto nivel de incertidumbre, especialmente por la ausencia de información de factores de emisión de especies vegetales del Ecuador. Los resultados aportan información valiosa para los inventarios de emisiones nacionales de contaminantes del aire, y pueden ser utilizados para estudios de simulación de ozono troposférico.

Abstract

Emissions of biogenic volatile organic compounds are important because of their potential in tropospheric ozone formation. Emissions of volatile organic compounds were estimated for the vegetation of Ecuador, for 2010, categorized in three groups in function of their reactivity: isoprene lifetime of 1 to 2 hours; monoterpenes, lifetime of 0.5 to 3 hours; and other volatile organic compounds, generally with a lifetime of 1 day. The basic model of Guenther was used, that considers the temperature and the photosynthetically active radiation as physical parameters with high influence. It was determinate hourly emissions, daily representative for each month, monthly and annual. Results were represented in georeferenced maps. Total emissions arise to 1855.6 kt a⁻¹, which 1278.6 kt a⁻¹ belongs to isoprene, 427.6 kt a⁻¹ to monoterpenes and 149.3 kt a⁻¹ to other volatile organic compounds. Highest emissions are located in zones with oil palm crops, at Santo Domingo and Esmeraldas. This estimation has a high level of uncertainty, especially for the absence of information of emission factors of vegetal species in Ecuador. Results give valuable information to inventories of national emissions of air pollutants, and may be used to simulation studios of tropospheric ozone.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Compuestos Orgánicos Volátiles.....	2
1.2.1 Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico.	3
1.3. Emisiones de COVs en el Ecuador.	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6

CAPÍTULO 2

LEGISLACIÓN APLICADA A EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN EL ECUADOR	8
2.1 Marco Legal Específico.	8
2.1.1 Constitución de la República del Ecuador	8
2.1.2. Ley de Gestión Ambiental.....	10
2.1.3. Ley De Prevención Y Control De Contaminación Ambiental.	10
2.1.4. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.	11

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO	14
3.1 Isopreno.	14
3.1.1 Propiedades físico-químicas.....	15
3.2 Monoterpenos	16
3.3 Otros compuestos orgánicos volátiles.....	17
3.4 Función de los compuestos orgánicos volátiles	18
3.5 Especies almacenadoras y no almacenadoras.	19

3.6 Efectos de la temperatura y de la radiación solar.	22
3.7 Otros efectos sobre las emisiones de COVs	22
3.8 Efecto de las emisiones de COVBs sobre el clima.	24
3.9 Efectos del cambio climático sobre las emisiones de COVBs	25
CAPÍTULO 4	
MODELO DE EMISIONES	27
4.1. Isopreno	27
4.1.1. Influencia de la radiación fotosintéticamente activa y de la temperatura.	29
4.2 Monoterpenos.	31
4.2.1 Influencia de la temperatura.....	31
4.3. Otros compuestos volátiles.	32
4.4. Información meteorológica.....	33
4.4.1 Temperatura	33
4.4.2 Radiación Solar	38
4.5 Mapa de uso de suelos	43
4.6 Asignación de Especies Vegetales por Uso de suelo.....	48
4.6.1 Región Costa	48
4.6.2. Región Sierra.....	51
4.6.3 Región Amazónica.	53
4.7 Factores de emisión	55
4.7.1 Factores de emisión asignado por uso de suelo.....	61
4.8. Densidad de biomasa foliar.....	67
CAPÍTULO 5	
RESULTADOS	69
5.1 Emisiones de COVs de la vegetación de los días medios mensuales.	69

5.2 Emisiones mensuales y anuales.....	74
5.3. Análisis de incertidumbre	86
5.3.1 Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones biogénicas del año 2010.....	86
CAPÍTULO 6	
DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....	90
ANEXO 1	94
ANEXO 2	106
BIBLIOGRAFÍA	118

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 1 Emisiones anuales DMQ 2003	5
Tabla 1 2 Emisiones anuales DMQ 2005.....	5
Tabla 1 3 Emisiones anuales DMQ 2007	6
Tabla 3. 1 Características químicas y físicas del isopreno.....	16
Tabla 4. 1 Temperatura máxima de un día al mes del año 2010.....	34
Tabla 4. 2 Radiación solar máxima mensual del año 2010	39
Tabla 4. 3 Porcentajes de Usos de Suelo del Ecuador 2010.....	44
Tabla 4. 4 Especies vegetales por uso de suelo de la Región Costa.....	49
Tabla 4. 5 Especies vegetales por uso de suelo de la Región Sierra.	52
Tabla 4. 6 Especies vegetales por uso de suelo de la Región Amazónica.....	54
Tabla 4. 7 Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Costa	56
Tabla 4. 8 Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Sierra	58
Tabla 4. 9 Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Amazonía.....	60
Tabla 4. 10 Factores de emisión por uso de suelo de la Costa	62
Tabla 4. 11 Factores de emisión por uso de suelo de la Sierra.....	64
Tabla 4. 12 Factores de emisión por uso de suelo de la Amazonía.....	66
Tabla 4. 13 Densidad de biomasa foliar (g m^{-2}) por uso de suelo.	67
Tabla 4. 14 Densidad de biomasa foliar anual.....	68
Tabla 5. 1 Emisiones de COVs de la vegetación del Ecuador del año 2010	74
Tabla 5. 2 Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones.....	87
Tabla 5. 3 Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de COVBs de Ecuador durante el año 2010.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 3. 1 Estructura molecular del isopreno.....	15
Fig 3. 2 Estructura de algunos monoterpenos	17
Fig 3. 3 Estructuras de OCOVs (Parra, 2004)	18
Fig 3. 4 Factores que controlan las emisiones de COVs (Peñuelas & Lluisa, 2001)	21
Fig. 4. 1 Comportamiento de C_P y C_T (adimensional).....	30
Fig. 4. 2 Comportamiento de $M(T)$	32
Fig. 4. 3 Evolución mensual de la temperatura media en superficie de Ecuador de enero a abril del año 2010.	35
Fig. 4. 4 Evolución mensual de la temperatura media en superficie de Ecuador de mayo a agosto del año 2010.	36
Fig. 4. 5 Evolución mensual de la temperatura media en superficie de Ecuador de septiembre a diciembre del año 2010.....	37
Fig. 4. 6 Evolución mensual de radiación solar de Ecuador de enero a abril del año 2010.	40
Fig. 4. 7 Evolución mensual de radiación solar de Ecuador de mayo a agosto del año 2010.	41
Fig. 4. 8 Evolución mensual de radiación solar de Ecuador de septiembre a diciembre del año 2010.	42
Fig. 4. 9 Mapa de usos de suelo del Ecuador 2010.....	43
Fig. 5. 1 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de enero a marzo.	70
Fig. 5. 2 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de abril a junio.....	71
Fig. 5. 3 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de julio a septiembre.	72

Fig. 5. 4 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de octubre a diciembre.	73
Fig. 5. 5 Emisiones de COVs para el Ecuador del año 2010.....	75
Fig. 5. 6 Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno de enero a junio.	76
Fig. 5. 7 de las emisiones medias diarias de isopreno de julio a diciembre.	77
Fig. 5. 8 Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpenos de enero a junio del año 2010.	78
Fig. 5. 9 Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpenos de julio a diciembre del año 2010.	79
Fig. 5. 10 Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de enero a junio del año 2010.	80
Fig. 5. 11 Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de julio a diciembre del año 2010.	81
Fig. 5. 12 Distribución de la emisión de isopreno en Ecuador para el 2010.	82
Fig. 5. 13 Distribución de las emisiones de monoterpenos de Ecuador para el año 2010....	83
Fig. 5. 14 Distribución de las emisiones de OCOV en Ecuador del año 2010.....	84
Fig. 5. 15 Distribución de las emisiones totales de compuestos orgánicos volátiles de la vegetación del Ecuador para el año 2010.	85

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La calidad del aire es el resultado de una compleja red de interacciones entre emisiones, condiciones atmosféricas y orográficas, dispersión y transporte químico, entre otros.

El conocimiento de la cantidad de emisiones de las fuentes naturales como antropogénicas constituye un elemento clave para la gestión de la calidad del aire.

En el Ecuador hay esfuerzos a nivel municipal que merecen ser destacados, como los inventarios de emisiones de los que dispone el Distrito Metropolitano de Quito (inventarios de emisiones de años base 2003, 2005 y 2007), y el Municipio de Cuenca (inventarios de emisiones de años base 2007 y 2009). (MAE-COSUDE, 2010)

A nivel nacional, el Ministerio del Ambiente, por medio del Plan Nacional de la Calidad del Aire, fomenta la generación de los inventarios de emisiones en los cantones con población mayor a 150 000 habitantes. (MAE-COSUDE, 2010). Al momento no se dispone de inventarios de emisiones actualizados que cubran todo el territorio nacional, estructurados para estudios de calidad del aire.

La presente tesis desarrolla el inventario de emisiones de la vegetación en el Ecuador, enfocado especialmente a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs), compuestos que potencialmente pueden participar en la generación de ozono troposférico.

“Las interacciones y reacciones de estos compuestos en la baja troposfera son elementos

importantes para episodios de formación de smog fotoquímico. Su impacto en la formación de ozono en diferentes regiones ha sido discutido en varios estudios” (Parra, 2004).

1.2. Compuestos Orgánicos Volátiles

Las fuentes de emisión de COVs son diversas; entre ellas se incluye al tráfico, el uso de solventes, las actividades industriales, las gasolineras y a la vegetación.

Las principales actividades industriales generadoras de emisiones de COVs incluyen a la industria del calzado, de la madera, cosmética, farmacéutica, limpieza en seco y artes gráficas; debido a que están presentes en pinturas, barnices, disolventes y desengrasantes que son utilizados en todas estas industrias (Wang & Schnoor, 1996). En cualquier actividad donde se empleen fundamentalmente disolventes orgánicos es susceptible de generar COVs.

Algunos COVs pueden influir en la degradación de la capa de ozono, como el 1,1,1-tricloroetano y el tetracloruro de carbono. Los protocolos de Kyoto y de Montreal contemplan actuaciones para disminuir las emisiones de estos compuestos a la atmósfera de manera que se evite su efecto sobre el ozono estratosférico. (Peñuelas & Lluisa, 2003)

El ozono troposférico se produce como consecuencia de las reacciones fotoquímicas de los COVs y los óxidos de nitrógeno, bajo la influencia de la radiación solar. El ozono es el principal componente del denominado smog fotoquímico. Es perjudicial para los seres humanos y las plantas, pues puede provocar graves daños respiratorios. (Sanhueza, Holzinger, & Donoso, 2006).

Los efectos de los COVs en la salud, se producen a corto y largo plazo. La principal vía de entrada es la inhalación. La otra vía es por contacto, de manera que la piel puede quedar impregnada de estas sustancias.

Estos compuestos son liposolubles, almacenándose en distintos puntos del cuerpo gracias a su afinidad con las grasas. De esta manera se pueden bioacumular, aunque sus productos de degradación sí se pueden eliminar fácilmente porque son hidrosolubles. (Morales, 2006)

1.2.1 Compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico.

Los compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico (COVBs), se producen en grandes cantidades y en el caso de la vegetación, los motivos por que se emiten es todavía un tema de especulación. Por un lado, se piensa que se producen al aumentar la temperatura externa, como respuesta para proteger las membranas vegetales. De este modo, el aumento de los COVBs se vería influido por el cambio climático (Cárdenas & Rehva, 2000)

Al parecer otro de los efectos de los COVBs es la modificación del clima a nivel local y regional. Existen datos que apuntan hacia los dos sentidos; por un lado contribuyen a enfriar la atmósfera local gracias a la formación de núcleos de condensación que enfriarían la atmósfera circundante y por otro lado existen estudios que indican que pueden generar efecto invernadero a la misma escala. Se deben realizar más estudios orientados a determinar esta influencia. (Hanks & Loughlin, 2011)

1.3. Emisiones de COVs en el Ecuador.

En Ecuador se han efectuado algunos trabajos respecto a la emisión de compuestos orgánicos volátiles. Un estudio realizado sobre la palma africana, llamado *Contribution of oil palm isoprene emissions to tropospheric ozone levels in Distrito Metropolitano de Quito Ecuador*, establece la potencial importancia de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles por parte de la palma africana. En dicho estudio, la contribución de isopreno de la palma africana fue estimada con un modelo matemático para el periodo 2-28 de septiembre del 2006. Se consideraron como fuentes de emisión el tráfico, industrias, vegetación, estaciones de servicios y solventes, usando los siguientes escenarios: a) sin palma africana, b) con plantación de palma africana en 2003, c) con una plantación futura esperada. Dos grupos de emisiones fueron usados: a) un grupo de rango medio de emisiones (mayor a $51 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) y b) un factor de emisiones de isopreno mayor ($172.9 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$). Los resultados indicaron que ante un escenario futuro, creciente en el cultivo de la palma africana en el Ecuador, se produciría un incremento de hasta $17.8 \mu\text{g m}^{-3}$ sobre la zona urbana de Quito (Parra, 2008).

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 una emisión de 1593.7 toneladas de COVs al año, que representa el 15.2 % de las emisiones (Natura, 2009).

En los inventarios de emisiones del Distrito Metropolitano de Quito, realizados por la CORPAIRE (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito) para los años 2003, 2005 y 2007, se atribuyen niveles importantes de emisión a los COVs de origen vegetal. La Tabla 1 indica los resultados del año 2003. Se observa que la emisión total de COVs

asciende a 30 941 toneladas al año, siendo las fuentes móviles las de mayor contribución. Del total de emisiones, 5500 toneladas se le atribuyen a las emisiones biogénicas de COVs que entran en la categoría de fuentes fijas.

Emisiones anuales DMQ 2003 (t/año)										
	CO	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	CH ₄	NH ₃	CO ₂	N ₂ O
Fuentes móviles	91 931	3 365	17 344	1 550	1 097	12 802	788	120	1 797 615	74
Fuentes fijas	1 268	2 643	4 199	578	339	7 003	9 117	1 113	435 431	33
Fuentes de área	1 394	1	156	2 776	973	11 137	29	1 484	95 253	7
Total	94 593	6 009	21 699	4 904	2 409	30 941	9 934	2 718	2 328 299	114

Tabla 1 1 Emisiones anuales DMQ 2003 (DMQ, 2006)

La Tabla 2 muestra el inventario de emisiones del Distrito Metropolitano de Quito para el año 2005, en éste la cantidad de compuestos orgánicos volátiles es de 31 810 toneladas al año, notándose un aumento de casi mil toneladas. La contribución de las emisiones biogénicas de COVs es de 4632 toneladas anuales del total de emisiones de fuentes fijas, disminuyendo en casi mil toneladas comparado al 2003.

Emisiones anuales DMQ 2005 (t/año)										
FUENTES	CO	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COVNM	CH ₄	NH ₃	CO ₂	N ₂ O
Fuentes móviles	92,035	2,904	15,400	1,872	1,303	13,021	787	182	2,040,753	104
Fuentes fijas	3,142	11,278	26,689	2,025	610	4,354	9,513	76	1,494,844	59
Fuentes de área	673	4	440	3,183	827	14,435	18	1,478	404,992	19
Total	95,850	14,186	42,529	7,080	2,740	31,810	10,317	1,737	3,940,589	182

Tabla 1 2 Emisiones anuales DMQ 2005. (DMQ, 2008)

El inventario de emisiones del Distrito Metropolitano de Quito para el año 2007 se resume en la Tabla 3. La emisión total de COVs se estimó en 36 123 toneladas, siendo alrededor de cinco mil toneladas más que en el año 2005. Del total de COVs, 4926 toneladas pertenecen a emisiones biogénicas del total de emisiones de fuentes fijas.

Emisiones anuales DMQ 2007 (t/año)										
FUENTES	CONTAMINANTES PRIMARIOS							GASES EFECTO INVERNADERO		
	CO	SO₂	NO_x	PM₁₀	PM_{2.5}	COVNM	NH₃	CO₂	CH₄	N₂O
Fuentes móviles	101 729	1 485	18 457	865	640	14 369	289	2 339 385	672	149
Fuentes fijas	1 636	8 724	15 274	684	318	6 239	80	595 768	11 028	12
Fuentes de área	624	3	585	1 733	433	15 515	1 434	537 174	19	36
Total	103 989	10 212	34 315	3 282	1 391	36 123	1 803	3 472 327	11 720	197

Tabla 1 3 Emisiones anuales DMQ 2007. (DMQ, 2010)

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Estimar la cantidad de COVs emitidos por la vegetación en el Ecuador en el año 2010.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer la composición de la cobertura vegetal del Ecuador del año 2010.
- Identificar las principales especies vegetales emisoras de COVs en el Ecuador.

- Analizar el comportamiento de las variables meteorológicas que tienen mayor influencia en la emisión de COVs de origen vegetal.
- Aplicar modelos matemáticos para estimar la cantidad de emisiones de COVs de la vegetación.
- Desarrollar un análisis de incertidumbre de los resultados.
- Establecer recomendaciones para la mejora de la estimación de las emisiones, así como potenciales líneas futuras de investigación relacionadas con el impacto de las emisiones de COVs de origen vegetal, y su relación con la calidad del aire.

CAPÍTULO 2

LEGISLACIÓN APLICADA A EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN EL ECUADOR

2.1 Marco Legal Específico.

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución fue aprobada mediante Referéndum el 28 de septiembre del 2008 y luego publicada en el Registro Oficial N.449 de 20 de octubre del 2008, define al Ecuador como un Estado de derechos y justicia, social, democrático, soberano, independiente, unitario, intercultural, plurinacional y laico. Entre los derechos reconocidos por la Constitución de la República del Ecuador se encuentran: el del Ambiente Sano, Derechos de la Naturaleza, Derecho a la Restauración, Derecho a Aplicar Medidas de Precaución para Evitar la Extinción de las Especies y Derecho a Beneficiarse del Ambiente, normados por los Artículos 12, 14, 15, 28, 71, 72, 73, 74, 83.6, 323, 399, 400, 404, 405, 406, 407, 408, 409 y 410 de la Constitución. Estos derechos apuntan a la articulación de las libertades democráticas con la posibilidad de construir un futuro justo y compartido, es por esto que la Constitución en el Art. 395 reconoce como principios ambientales: 1.El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas y asegure las satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras; 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de una manera transversal y serán

de obligatorio cumplimiento de parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional; 3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

La Gestión Ambiental siendo el conjunto de políticas, actividades y control que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad para garantizar el desarrollo sustentable y una óptima calidad de vida, tiende a programar políticas, planes y acciones destinadas a prevenir y controlar el deterioro del medio ambiente, incluyendo aspectos de conservación del medio natural, prevención y control de la contaminación ambiental y manejo sustentable de los recursos naturales. En base a estos principios, el Estado adopta medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño y en caso de duda adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. Siendo el daño ambiental una pérdida, disminución o menos cabo de la condición preexistente en el medio ambiente, su acción u omisión afecta al funcionamiento del ecosistema o a la renovabilidad de sus recursos, es por esto, que el Estado debe actuar de manera inmediata para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas y consiguientemente aplicar las sanciones que producen daño y que conlleva la reparación integral en las condiciones y con los procedimientos que la ley establece.

En el Ecuador la gestión ambiental conforme al Art. 399 de la Constitución de la República se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas y respeto a las culturas y prácticas tradicionales.

2.1.2. Ley de Gestión Ambiental

La Ley de Gestión Ambiental fue creada en 1999, durante esta reciente “etapa ambientalista” de la evolución de la institucionalidad ambiental en el Ecuador. La ley “establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.” (Art. 1)

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 participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución, y control de toda actividad que genere impactos ambientales. A su vez, el art. 399 establece que “el ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental”. 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.

En el Capítulo II de esta ley se habla de la evaluación de impacto ambiental y del control ambiental, en la que deberá constar la evaluación de riesgos, planes de manejo, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación, auditorías ambientales y planes de abandono, para que de esta manera los proyectos puedan llevarse a cabo y cumplan con el principio de sustentabilidad.

En el Art. 23 habla de lo que debe comprender una evaluación de impacto ambiental, determinando que el proyecto, obra o actividad, tendrá entre los elementos que compone el referente al patrimonio histórico, escénico y cultural.

2.1.3. Ley De Prevención Y Control De Contaminación Ambiental.

Según Decreto Supremo No. 374. RO/ 97 de 31 de Mayo de 1976, esta ley es la que rige 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 la actividades que puedan afectar al mismo. El Capítulo V habla de la Prevención y Control de la Contaminación del Aire, sean estas de fuentes móviles o fijas. En los Art. 11, 12. 13. 14 y 15, se determina que queda “prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia”. Además se especifican las fuentes de emisión, no sólo en móviles y fijas.

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.

En el Capítulo VIII de esta ley, se establecen las sanciones que se verán obligados a cumplir los actores por el incumplimiento determinado en la ley. El Art. 29 ibidem determina que se debe denunciar ante las autoridades competentes sobre toda actividad que contamine el ambiente.

2.1.4. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Esta norma fue promulgada mediante Decreto Ejecutivo 3399 y 3516 y publicada en el Registro Oficial 725 del 13 y 16 de Diciembre del 2002; se dictó bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de las mismas, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. 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; Libro VIII, del instituto para el Ecodesarrollo 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.

Según la reforma a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión de 1 de febrero del 2011, constante en el I Anexo 4 del Capítulo VI de la presente norma técnica establece: los objetivos de calidad del aire ambiente; los límites permisibles de los contaminantes criterio y contaminantes no convencionales del aire ambiente; y, los métodos y procedimientos para la determinación de los contaminantes en el aire ambiente. Tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente. (Ministerio de Ambiente, 2011)

También determina los límites máximos permisibles de concentraciones de contaminantes comunes a nivel del suelo, en el aire ambiente. La norma establece la presente clasificación:

- a. Contaminantes del aire ambiente;
- b. Normas generales para concentraciones de contaminantes comunes en el aire ambiente;
- c. Planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire;
- d. Métodos de medición de concentración de contaminantes comunes del aire ambiente;
- e. Normas generales para concentraciones de contaminantes no convencionales;

De las molestias o peligros inducidos por otros contaminantes del aire

Es importante mencionar que en el apartado 4.1.3.2, 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 PM10.

En el apartado 4.1.2.1 se determinan las concentraciones máximas permitidas, como por ejemplo del ozono, la máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), más de una vez en un año.

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

Los compuestos orgánicos volátiles serán agrupados en tres categorías, de acuerdo a su tiempo de vida típico: isopreno, tiempo de vida de 1 a 2 horas; monoterpenos, tiempo de vida de 0.5 a 3 horas; y otros compuestos orgánicos volátiles que generalmente tienen un tiempo de vida de 1 día. (Guenther, et.al, 1995).

3.1 Isopreno.

Es uno de los compuestos orgánicos volátiles de mayor importancia por su reactividad. Es producido por ciertas plantas y animales. La cantidad que emite la vegetación depende directamente de la masa foliar, de las condiciones meteorológicas (temperatura y radiación fotosintéticamente activa). La producción estimada de isopreno en el cuerpo humano es de $15 \mu\text{mol kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, equivalente aproximadamente a 17 mg/día para una persona de 70 kg. (Peñuelas & Lluisa, 2001)

En la Figura 3.1 se observa la estructura del isopreno, formado por dobles enlaces entre carbono y carbono, ya que es un hidrocarburo de la familia de los alquenos.

El isopreno no alcanza grandes concentraciones en la troposfera libre debido a su alta reactividad con los radicales OH. A pocos metros por encima de los bosques emisores alcanza concentraciones del orden de 1-20 ppbv (Zimmerman, 93), pero puede llegar a ser 10 veces mayor sobre plantaciones forestales (Martin & Westberg, 1991).

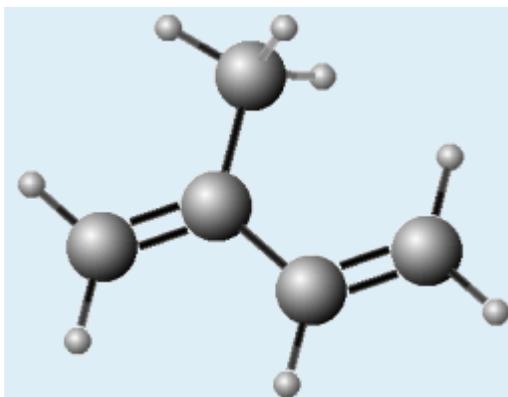


Fig 3 1 Estructura molecular del isopreno.

3.1.1 Propiedades físico-químicas

El isopreno es un compuesto orgánico, de la familia de los alquenos, con fórmula molecular C_5H_8 . A temperatura ambiente es un líquido incoloro muy volátil, debido a su bajo punto de ebullición y altamente inflamable y de fácil ignición. En contacto con el aire es altamente reactivo, capaz de polimerizarse de forma explosiva si se calienta.

La Tabla 3.1 determina las principales características físicas y químicas del isopreno, mostrando su insolubilidad en agua, es por esto que su coeficiente K_{OW} tiene un valor mayor a 2.

Características y Propiedades Físicas y Químicas	
Estado	Líquido incoloro, de olor característico.
Densidad	681 kg/m ³ ; 0.681g/cm ³
Masa molar	68.11 g/mol
Punto de fusión	127 K (-146 °C)
Punto de ebullición	307 K (34 °C)
Solubilidad en agua	Ninguna
Presión de vapor	61.8 kPa a 20 °C
Densidad relativa de vapor	2.35
coeficiente octanol-agua	2.3

Tabla 3. 1 Características químicas y físicas del isopreno

3.2 Monoterpenos

Constan de 2 unidades de isopreno. Los monoterpenos son mejor conocidos como componentes de las esencias volátiles de las flores y como parte de los aceites esenciales de hierbas y especias. Se oxidan por los radicales OH• y tienen una vida media que va desde 2 a 3 minutos hasta varias horas. Por encima de las cubiertas emisoras forestales de coníferas las concentraciones están entre 0.5 y 1 ppbv (Peñuelas & Llusia, 1999).

Los terpenos se originan por polimerización enzimática de dos o más unidades de isopreno, ensambladas y modificadas de muchas maneras diferentes. La mayoría de los terpenos tienen estructuras multicíclicas, las cuales difieren entre sí, no sólo en grupo funcional sino también en su esqueleto básico de carbono. Los terpenos se relacionan con el isopreno, si bien se sabe ya desde hace más de 100 años que el isopreno no es el precursor biológico de esta familia de metabolitos. (Goodwin, 1971)

Estos lípidos se encuentran en toda clase de seres vivos y son sintetizados por las plantas, donde son importantes en numerosas interacciones bióticas. En las plantas los terpenos

cumplen muchas funciones primarias: algunos pigmentos carotenoides son terpenos. Los terpenos también cumplen la función de aumentar la fijación de algunas proteínas a las membranas celulares. Los esteroides son producidos a partir de terpenos precursores.

Los terpenos de las plantas son extensamente usados por sus cualidades aromáticas, juegan un rol importante en la medicina tradicional y en los remedios herbolarios, también se está investigando sus posibles efectos antibacterianos y otros usos farmacéuticos. Se encuentran presentes, por ejemplo: en las esencias del eucalipto, los sabores del clavo y el jengibre. (Hansen & Seufert, 1996)

Los monoterpenos abarcan una variedad de compuestos, en la Figura 3.2 se observan algunas estructuras.

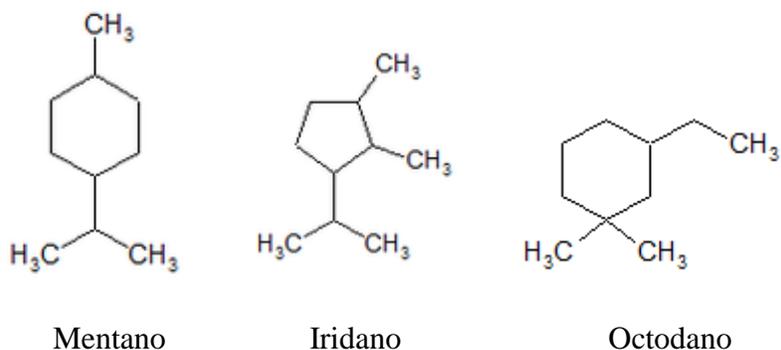


Fig 3 2 Estructura de algunos monoterpenos

3.3 Otros compuestos orgánicos volátiles

Dentro de esta categoría se encuentran el acetaldehído, ácidos orgánicos, metilbutenol, metanol, acetona, entre otros. Se han realizado mediciones de acetaldehído en árboles sometidos a anoxia en raíces, hojas o tallos, y también en condiciones normales. Son particularmente altas las emisiones en la transición de luz a oscuridad, sus concentraciones

son bajas de 1 a 2 ppbv (Sanhuenza, Holzinger, Donoso, & Santana, 2001); y su vida media es de un día tras ser oxidado por el radical OH.

Los ácidos orgánicos son emitidos por 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, Holzinger, Donoso, & Santana, 2001), similares a las emisiones sobre los bosques templados caducifolios.

En la Figura 3.3 se pueden observar las estructuras de algunos compuestos orgánicos volátiles que se encuentran dentro de esta categoría, están divididos entre reactivos y menos reactivos.

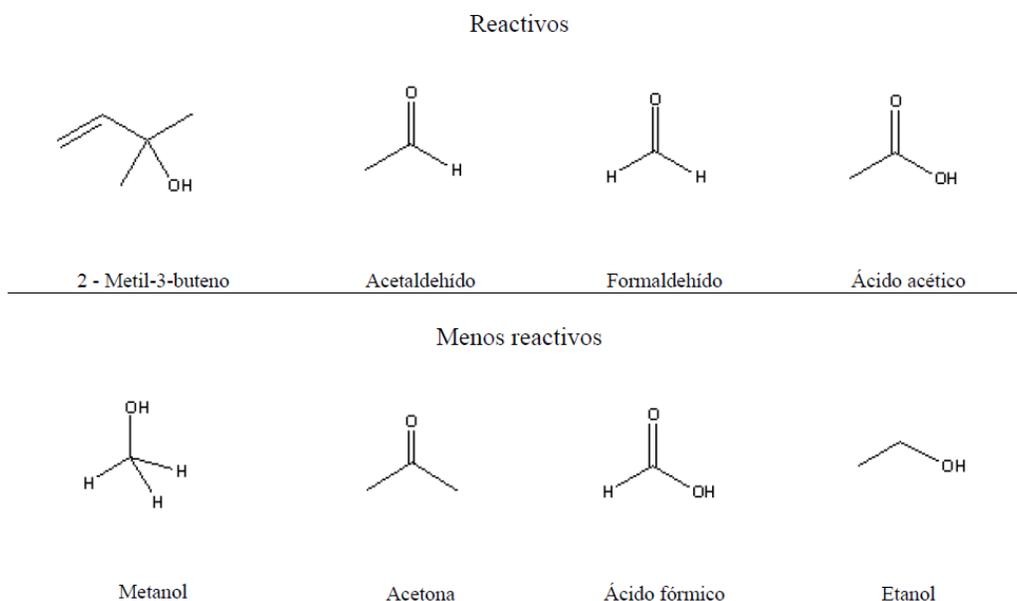


Fig 3 3 Estructuras de OCOVs (Parra, 2004)

3.4 Función de los compuestos orgánicos volátiles

Los COVs son producidos por plantas y algunos microorganismos mediante diversos procesos fisiológicos, especialmente son producidos por varios tejidos vegetales. Algunos pueden actuar como compuestos defensivos contra patógenos y contra animales herbívoros

que puedan ser amenazas para las plantas; y, otros pueden actuar como compuestos químicos de información entre las distintas partes de una misma planta, entre distintas plantas y entre plantas y animales. Otras posibles funciones de los compuestos orgánicos volátiles se asociarían a la estabilización de la floración de las plantas vecinas, incluso los terpenos pueden estar implicados en el desarrollo de incendios forestales.

La genética determina en gran parte la producción de compuestos orgánicos volátiles, haciendo la emisión altamente específica de cada especie. Algunos estudios demuestran que las diferencias evolutivas en las distintas especies mediterráneas a simples expresiones de plasticidad fenotípica, se debe a que se obtuvieron resultados diferentes sobre las emisiones de especies realizadas en España, comparadas con las emisiones de las mismas especies realizadas en Italia. (Loreto, 1996)

3.5 Especies almacenadoras y no almacenadoras.

Parte del carbono que asimilan algunas plantas en la fotosíntesis, retorna hacia la atmósfera como compuestos orgánicos volátiles, que previamente han sido producidos en los tejidos mediante diversos procesos fisiológicos. Su emisión se genera principalmente por la difusión, debido a un gradiente de presión de vapor desde los compartimentos celulares con concentraciones relativamente altas hacia el aire circundante de las hojas. Como consecuencia de su alta reactividad y generalmente corto tiempo de vida las concentraciones en la atmósfera son relativamente bajas.

Los mecanismos bioquímicos de formación están relacionados con el metabolismo celular de la planta y son bastante complejos. Las principales rutas de emisión foliar son:

- a) Difusión a través de la cutícula de la epidermis de la hoja;
- b) Conductancia por medio de los estomas;
- c) Liberación debido a heridas o daño físico de la planta;
- d) Evaporación desde capas superficiales luego de heridas o daño físico (Fall, 1999).

Una vez producidos los COVs pueden ser almacenados en estructuras especializadas dependiendo de los compuestos y de las especies. Por ejemplo: los terpenos son almacenados en los tricomas glandulares de las mentas o en los conductos resiníferos de los pinos y sus concentraciones oscilan entre el 1 y 3% del peso seco; pueden llegar en casos excepcionales hasta 15 o 20%. (Langenheim, 1994).

La cantidad almacenada puede depender más a veces de condicionantes genéticos de las especies que de condiciones ambientales, alterando así el balance de fuente del carbono (Peñuelas & Estiarte, 1995). Sin embargo, hay algunas especies como la encina, *Quercus ilex*, que producen y emiten terpenos de forma significativa sin almacenarlos en ninguna estructura. El almacenamiento, además de afectar a la concentración y a la presión de vapor, afecta de manera importante la resistencia a la difusión de los compuestos orgánicos volátiles; esta resistencia es mayor cuando los almacenamientos son internos, como es el caso de los conductos resiníferos, que se producen en estructuras externas como las glándulas tricomas; y, esta resistencia siempre es mayor que en las especies almacenadoras. Se ha visto que las emisiones son muy parecidas entre especies almacenadoras y no almacenadoras con máximos, cuando ocurren los mayores niveles de irradiancia y temperatura. Precisamente la temperatura y la radiación solar son los factores externos mejores descritos como responsables del control primario de muchas emisiones de COVs.

En la Figura 3.4 se puede observar una red de factores que controlan las emisiones biogénicas de COVs. Los principales pasos en la producción y emisión y los principales factores que los controlan están representados en negrita. Otros factores menos conocidos, más temporales, más locales o de menor efecto no han sido aún incorporados en los algoritmos comunes. La compleja red resultante de las interacciones explica la variabilidad.

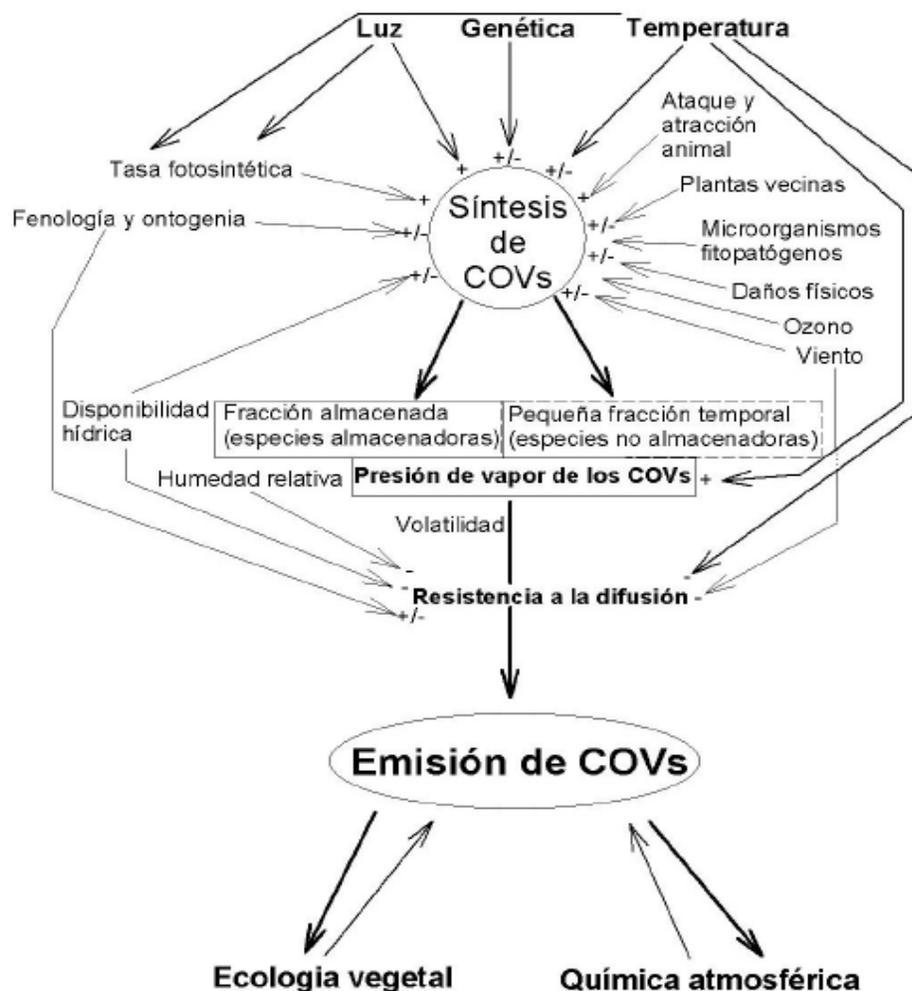


Fig 3 4 Factores que controlan las emisiones de COVs (Peñuelas & Lluisa, 2001)

3.6 Efectos de la temperatura y de la radiación solar.

La temperatura incrementa las tasas de emisión de la mayoría de COVs, de forma exponencial hasta un valor óptimo, al aumentar las actividades enzimáticas de síntesis, elevar la presión de vapor de los compuestos orgánicos volátiles y al disminuir la resistencia de las vías de emisión. Incluso para COVs no almacenados la emisión aumenta hasta tres veces cuando la temperatura aumenta desde 20° hasta 30 °C (Loreto, Ciccioli, & Cecinato, 1996). Sin embargo, se ha comprobado la existencia de diferencias en las respuestas dependiendo de la volatilidad y de la bioquímica del compuesto. Por ejemplo, los terpenos con alta volatilidad parecen ser más sensibles al aumento de la temperatura que los menos volátiles. (Kesselmeier, y otros, 1997).

La radiación solar influye en la reserva de compuestos orgánicos volátiles a largo plazo, ya que provee de energía biosintética, regula la síntesis y controla el crecimiento de las plantas. (Tingey, Tumer, & Weber, 1991). La radiación solar influye también a corto plazo, es decir en horas o minutos, en las emisiones de los terpenos no almacenados al ser compuestos que necesitan de los productos fotosintéticos para su síntesis. (Kesselmeier, y otros, 1996). Por otro lado, se puede ver que la radiación a corto plazo no es importante para las especies almacenadoras, a pesar de que una parte de la emisión puede ser derivada a partir de terpenos recientemente sintetizados. (Kesselmeier & Staudt, 1999).

3.7 Otros efectos sobre las emisiones de COVs

Existen otros factores, a más de la temperatura y radiación, que contribuyen con a la complejidad de la emisiones. Así, la perturbación física por la lluvia, granizo, viento o la cosecha inducen la producción de COVs en los tejidos próximos a la herida, alteran las

estructuras almacenadoras y permiten la volatilización directa de los COVs, aumentando la emisión. (Tingey, Tumer, & Weber, 1991). El viento facilita la emisión al disminuir la resistencia a la difusión. Un factor muy interesante es el ozono, al igual que con otros factores de estrés, el ozono podría favorecer las emisiones de algunas especies como el tomate, el algarrobo o el olivo (Peñuelas & Llusia, 1999). Este fenómeno merece ser estudiado con mayor atención ya que habría una retroalimentación positiva sobre la formación de ozono.

Los factores bióticos externos también determinan la emisión de COVs. Un ejemplo es la interferencia intra e interespecífica entre vecinos en la emisión de terpenos entre especies como el pino y la encina. Las tasas de emisión de COVs se incrementan cuando es vecino un pino y no cuando es una encina. (Peñuelas & Llusia, 1998). Hay evidencias del efecto de la interacción con animales y otros organismos. Muchos COVs poseen capacidad defensiva al actuar como armas químicas o repelentes alimentarios, pero también hay otros que son atractivos de polinizadores. (Harborne, 1991). La importancia ecológica de las emisiones provocadas por factores bióticos es evidente; en cambio la evaluación y modelado de su importancia para los flujos de COVs troposféricos es incluso más difícil que los factores abióticos anteriormente mencionados, puesto que estos ataques de herbívoros pueden ser bastante localizados en el espacio y tiempo. Las tasas de emisión de algunos compuestos defensivos o de señales parecen demasiado bajas para poder jugar un papel importante en la química de la atmósfera. (Lerdau, Guenther, & Monson, 1997).

Debido a que la acción de los factores bióticos y abióticos mencionados sigue siendo poco conocida, es difícil evaluar su importancia e incorporarlos correctamente en algoritmos que modelen con mayor precisión la gran variabilidad de las emisiones biogénicas de COVs.

3.8 Efecto de las emisiones de COVBs sobre el clima.

Los COVBs contribuyen sustancialmente a cargar la atmósfera de hidrocarburos. Las cantidades emitidas normalmente son equivalentes a la suma de las emisiones biogénicas y antropogénicas de metano. (Guenther, y otros, 1995). Muchos de los estudios de los impactos de las emisiones de COVBs se han centrado en los cambios de la capacidad oxidativa de la atmósfera, ya que los COVs influyen en el potencial de oxidación de la troposfera, pues alteran las concentraciones de su principal oxidante, el radical hidroxilo. (Peñuelas, 1993). No se ha estudiado todavía con el mismo alcance, los efectos de los COVs sobre el clima, ya que presentan un tiempo de residencia muy corto. Sin embargo, cada vez hay mayor evidencia que esta influencia puede ser significativa a diferentes escalas espaciales, desde la local a la regional y la global, por la información de aerosoles y por su efecto directo e indirecto en el efecto invernadero.

Los COVBs 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. (Kavouras, Mihalopoulos, & Stephanou, 1998). Se ha descrito que los COVBs contribuyen en cambio a retrasar el enfriamiento nocturno en áreas con masas de aire relativamente secas y fotosíntesis activa. (Hayden, 1998). 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 COVBs, un efecto que parece sólo detectable cuando éstos son muy abundantes. Debe también considerarse su efecto invernadero indirecto a nivel global, ya que los COVBs alargan la vida media del metano en la atmósfera o favorecen la producción

de ozono, y por tanto contribuyen al aumento del efecto invernadero de estos otros gases. (Fuentes, 2001)

3.9 Efectos del cambio climático sobre las emisiones de COVBs

En las dos últimas décadas se ha realizado muestreos a nivel de hoja y de rama mediante técnicas de inclusión. Más recientemente se han llevado a cabo muestreos a nivel de dosel y de comunidad, combinando métodos micrometodológicos como “Eddy covariance”, gradiente de flujo y “relaxed Eddy accumulation”; y, también a nivel de paisaje regional, mediante sensores acrotransportadores. (Greenberg, y otros, 1999). Todo ello ha proporcionado importantes avances en la cuantificación de las emisiones de COVs de origen biogénico, bajo diferentes condiciones ambientales. Las tasas totales de emisión son muy variables en el tiempo y en el espacio y entre especies. Normalmente varían entre 0 y 100 mg/g (Kesselmeier & Staudt, 1999). Las tasas de emisión globales se han estimado en aproximadamente 10^{15} g/año de COVBs, lo que representa cerca del 80% del total de los COVs químicamente reactivos añadidos a la atmósfera cada año, ya que el resto son de origen antrópico (Guenther, y otros, 1995). Debido a que las emisiones biogénicas responden a la temperatura, el cambio climático de los últimos 30 años (Houghton, Ding, Griggs, Noguera, Dai, & Maskell, 2001) puede haberlas incrementado en aproximadamente un 10%. Un posterior aumento de 2-3 °C en la media global de la temperatura, previsto para este siglo, podría aumentarlas en un 30 o 45%. (Houghton, Ding, Griggs, Noguera, Dai, & Maskell, 2001).

El aumento de las concentraciones de CO₂ atmosférico probablemente hará aumentar la productividad y la biomasa de las plantas, y facilitará una mayor producción y emisión de COVBs (Peñuelas & Lluisa, 1997). El aumento antropogénico de la fertilización

nitrogenada de la biosfera parece ser que también incrementaría las emisiones al aumentar la fijación de carbono y la actividad de las enzimas responsables. (Litvak, Loreto, Harley, Sharkey, & Monson, 1996). Los cambios en los usos de suelo, con el fomento del cultivo de especies emisoras, pueden influir en el incremento de las emisiones de la vegetación.

Por otro lado, la conversión de los bosques tropicales en pastos, que no son grandes emisoras, puede hacer disminuir las emisiones. El abandono de los campos de cultivo y la reforestación pueden aumentar considerablemente dichas emisiones. Hay una laguna en el conocimiento preciso y completo de los efectos de todos estos componentes, pero al parecer el mayor efecto del cambio ambiental, será un aumento en las emisiones de COVBs.

CAPÍTULO 4

MODELO DE EMISIONES

4.1. Isopreno

Las emisiones horarias de isopreno son estimadas usando el modelo de Guenther et al. (1993), mediante la ecuación (1):

$$E_{iso}(k, \text{horario}) = EF_j^{iso} \times ECF(T, P) \times FBD_j \times A \quad (1)$$

Donde:

$\alpha =$ es el área de cada celda (16 km²)

$FBD_j =$ es la densidad de biomasa foliar de la categoría j de uso de suelos (g/m²)

$ECF(T, P) =$ es el factor de corrección ambiental perteneciente a la temperatura y PAR (adimensional).

$EF_j^{iso} =$ factor de emisión estándar del isopreno con la categoría j de uso de suelo

$E_{iso}(k, \text{cada hora}) =$ es la emisión de isopreno de cada hora en la celda k th.

El factor de corrección es calculado usando la ecuación (2).

$$ECF(T, P) = C_T C_P \quad (2)$$

Donde:

C_T = es el factor de corrección correspondiente a la temperatura

C_P = es el factor de corrección para el PAR. Estos factores están definidos por las ecuaciones (3) y (4) respectivamente:

$$C_L = \frac{\alpha C_{L1} L}{\sqrt{1+\alpha^2 L^2}} \quad (3)$$

$$C_T = \frac{\exp\left(\frac{C_{T1}(T-T_s)}{R T_s T}\right)}{1+\exp\left(\frac{C_{T2}(T-T_m)}{R T_s T}\right)} \quad (4)$$

Donde:

α = 0.0027 coeficiente empírico

C_{L1} = 1.066 coeficiente empírico

C_{T1} = 95 000 J mol⁻¹, coeficiente empírico

C_{T2} = 230 000 J mol⁻¹, coeficiente empírico

T_m = 314 K

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

T_s = 303 K, temperatura de condiciones de referencia

R 8.314 J K⁻¹ mol⁻¹ constante universal de los gases

T = temperatura en superficie expresada en grados kelvin, registrada en la celda k

Para cada mes del año 2010, se calcularon las emisiones horarias de un día promedio. Las emisiones diarias del día promedio de cada mes, se establecen mediante la ecuación (5):

$$E_{iso}(k, \text{daily}) = \sum_{h=1}^{24} E_{iso}(k, \text{hourly}) \quad (5)$$

Donde $E_{iso}(k, daily)$ es la emisión diaria de isopreno en la celda k th (g/d). Para valores mensuales, la media de emisiones diarias será calculada y se aplicará en la ecuación (6):

$$E_{iso}(k, monthly) = 30 \cdot E_{iso}(k, daily) \quad (6)$$

Donde $E_{iso}(k, mdaily)$ es la emisión de isoprenos (g/d) para un día medio del mes y $E_{iso}(k, monthly)$ es la emisión mensual de isopreno (g/mes)

Las emisiones anuales son obtenidas de la ecuación (7):

$$E_{iso}(k, annual) = \sum_{m=1}^{12} E_{iso}(k, monthly) \quad (7)$$

Donde $E_{iso}(k, annual)$ es la emisión anual de isopreno (g/año).

4.1.1. Influencia de la radiación fotosintéticamente activa y de la temperatura.

Los factores de emisión se expresan en condiciones de referencia consideradas estándar, es decir a una temperatura de 30 °C (303 K) y PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

La figura 4.1 indica 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 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ el C_L correspondiente es 1. Los valores de C_L para valores mayores de PAR se vuelven asintóticos llegando a un valor máximo de 1.1. Cuando no hay PAR por ende no hay C_L debido a su dependencia.

Por otro lado, el coeficiente C_T crece hasta un valor máximo de 2 para una temperatura de 40 °C, tal como lo muestra la figura 4.1, y luego desciende.

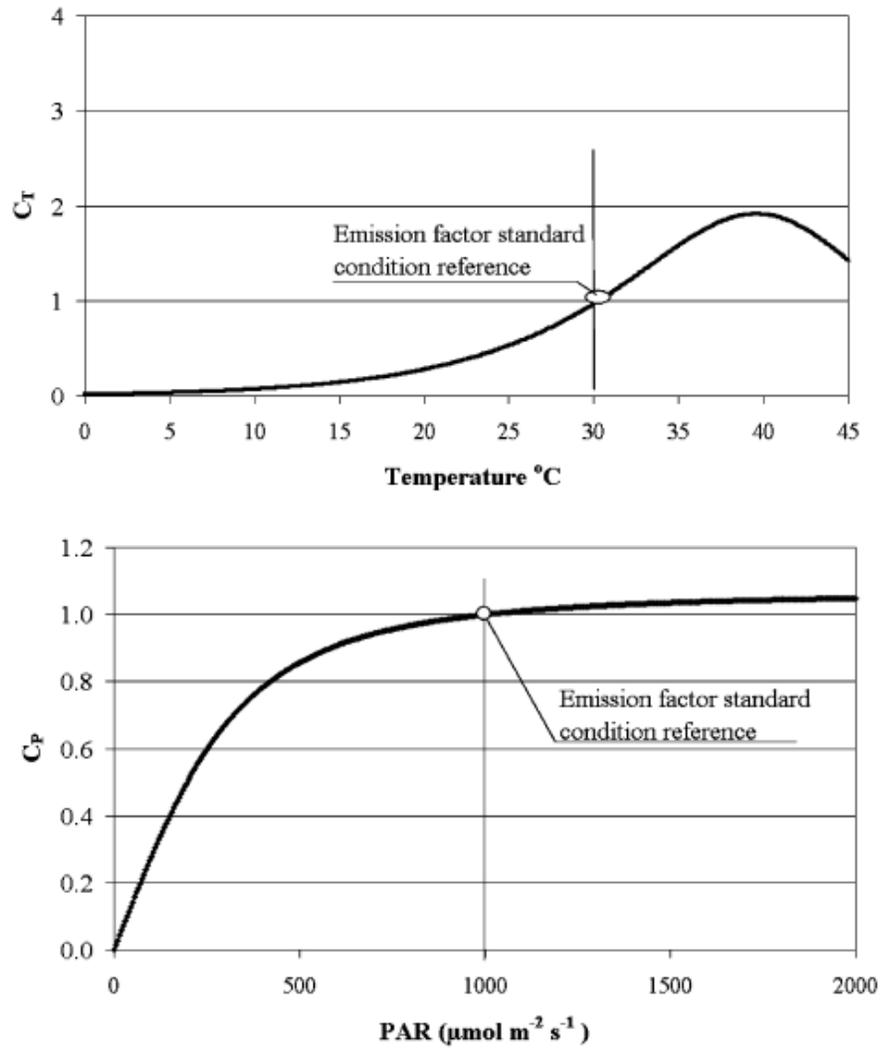


Fig. 4 1 Comportamiento de C_P y C_T (adimensional)

4.2 Monoterpenos.

Las emisiones horarias de monoterpenos son estimadas usando la ecuación (8):

$$E_{mon}(k, hourly) = EF_j^{mon} \cdot M(T) \cdot FBD_j \cdot A \quad (8)$$

Donde EF_j^{mon} es el factor de emisión estándar de monoterpenos asociado con la categoría j de uso de suelo ($\mu\text{g}/\text{g h}$) y $E_{mon}(k, hourly)$ es la emisión horaria de monoterpenos en la celda k th (g/h). $M(T)$ es el factor de corrección ambiental perteneciente a la temperatura, es un término adimensional definido por la ecuación (9):

$$M(T) = \exp(\beta \cdot (T - T_s)) \quad (9)$$

Donde β (0.09 K^{-1}) es un coeficiente empírico.

Las emisiones diarias, mensuales y anuales de monoterpenos son obtenidas usando ecuaciones equivalentes a las utilizadas para el isopreno.

4.2.1 Influencia de la temperatura

La figura 4.2 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 .

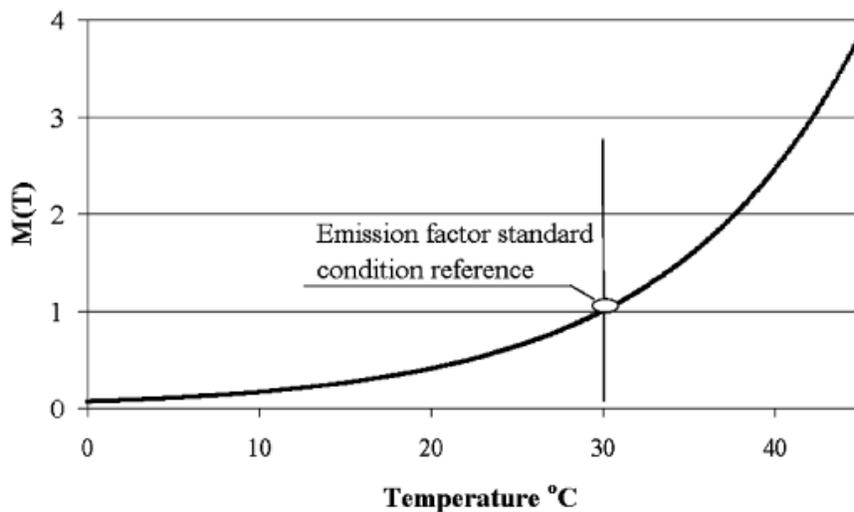


Fig. 4 2 Comportamiento de M (T)

4.3. Otros compuestos volátiles.

Las emisiones de otros compuestos volátiles son estimadas con una ecuación similar a la usada para los monoterpenos.

$$E_{mon}(k, hourly) = EF_j^{mon} \cdot M(T) \cdot FBD_j \cdot A \quad (10)$$

Las emisiones diarias, mensuales y anuales de otros compuestos orgánicos volátiles son obtenidas usando ecuaciones equivalentes a las utilizadas para el isopreno.

4.4. Información meteorológica.

4.4.1 Temperatura

Los mapas horarios de temperatura año 2010, para todo el Ecuador, fueron generados como parte de las actividades de investigación en el área de Ingeniería Ambiental del Colegio de Ciencias e Ingeniería de la Universidad San Francisco de Quito. Para ello se utilizó el modelo WRF (Weather Research and Forecasting) versión 3.2, utilizando una malla de celdas, de 199 filas por 199 columnas. Cada celda tiene 4 km de lado.

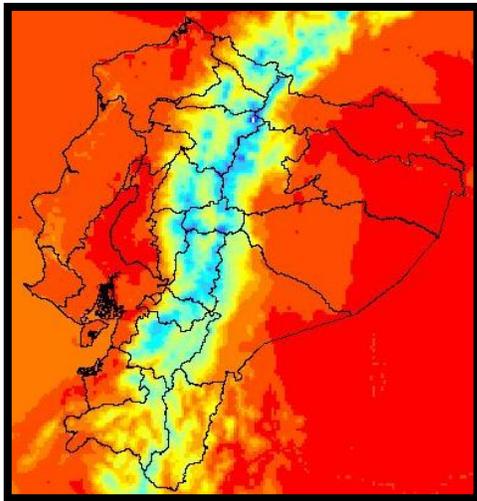
Los resultados meteorológicos fueron procesados a fin de obtener mapas representativos para cada mes del año, que a su vez fueron utilizados para el cálculo de las emisiones de COVs.

La Tabla 4.2 muestra los valores de temperatura máximos promedio por cada mes, además la hora en la que se determinó el valor máximo. Como se puede ver, las horas en las que se dan las temperaturas máximas son a las 14:00 en un rango de 25 a 28 °C. En marzo se presenta la mayor temperatura con un valor de 28.07 °C.

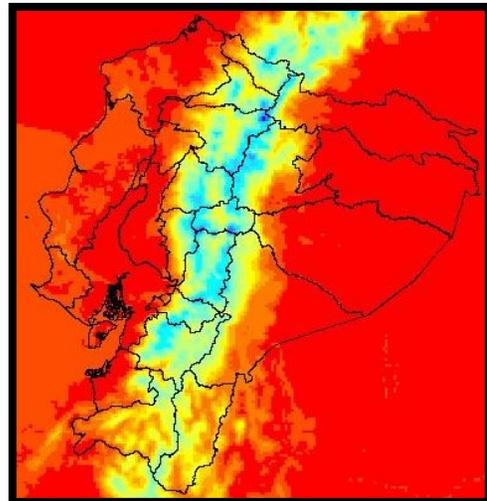
La Figura 4.3 muestra la variación de temperatura durante el año para un día promedio del mes, en las cuales se observa que en los meses de febrero y marzo se registran las mayores temperaturas, mientras que en julio y agosto se registran temperaturas más bajas. La temperatura más baja se registró en agosto con un valor de -3 °C, esto se debe a la ausencia de nubosidad, permitiendo que el calor salga de la atmósfera, logrando así que se enfríe con facilidad la superficie.

Mes	Temperatura (°C)	
	Hora	Valor
Enero	14:00	27.28
Febrero	14:00	28.01
Marzo	14:00	28.07
Abril	14:00	27.62
Mayo	14:00	26.85
Junio	14:00	25.69
Julio	14:00	25.48
Agosto	14:00	26.28
Septiembre	14:00	26.49
Octubre	14:00	26.76
Noviembre	14:00	26.47
Diciembre	14:00	26.45

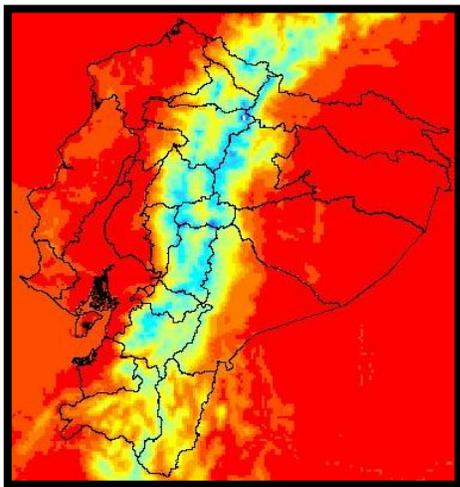
Tabla 4. 1 Temperatura máxima de un día al mes del año 2010.



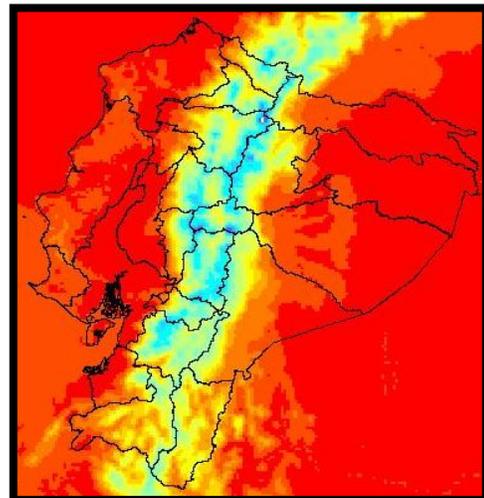
Enero



Febrero



Marzo



Abril

Temperatura (°C)

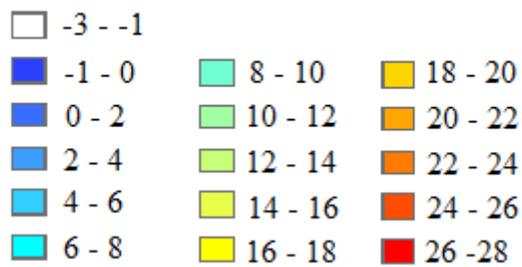
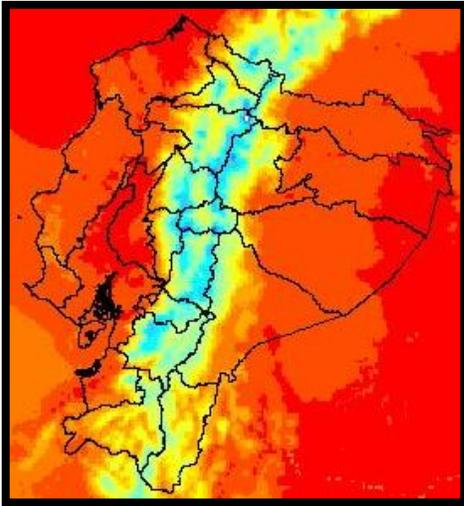
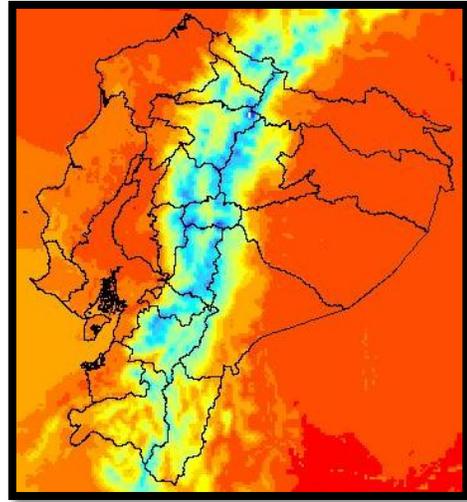


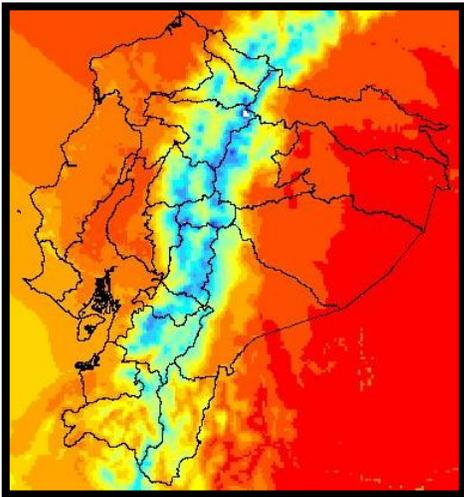
Fig. 4. 3 Evolución mensual de la temperatura media en superficie de Ecuador de enero a abril del año 2010.



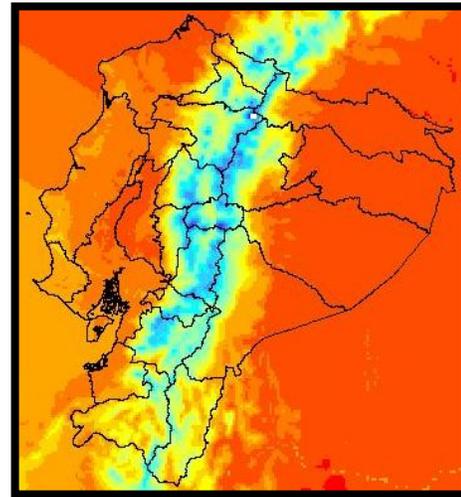
Mayo



Junio



Julio



Agosto

Temperatura (°C)

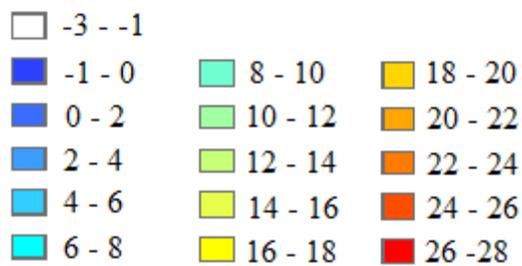
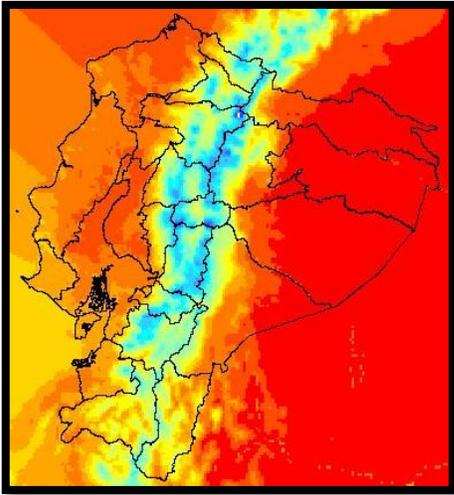
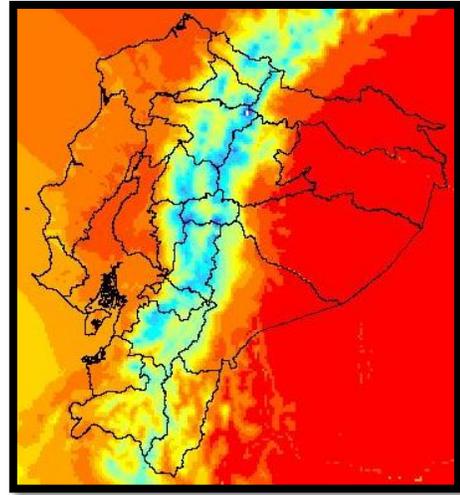


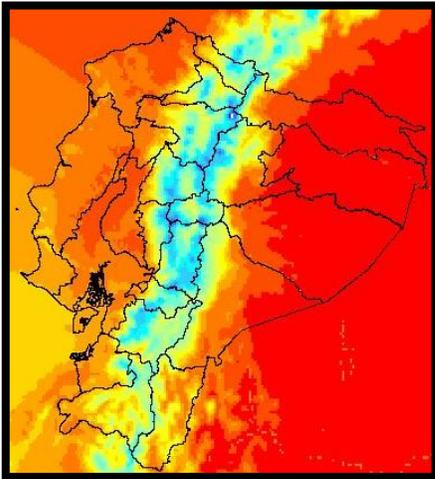
Fig. 4 4 Evolución mensual de la temperatura media en superficie de Ecuador de mayo a agosto del año 2010.



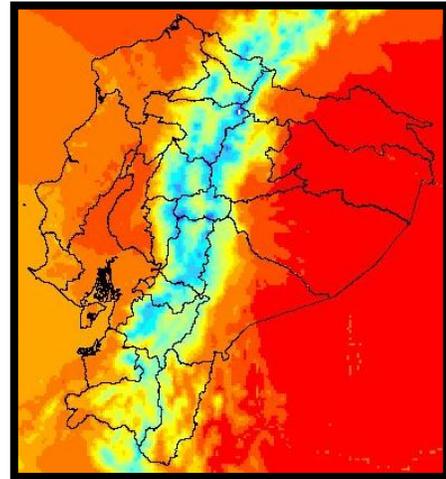
Septiembre



Octubre



Noviembre



Diciembre

Temperatura (°C)

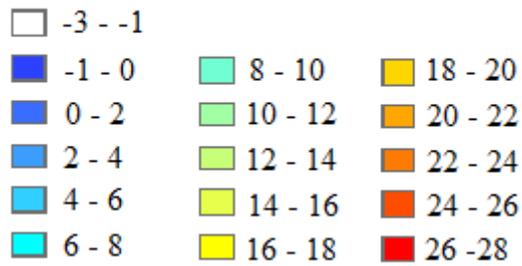


Fig. 4 5 Evolución mensual de la temperatura media en superficie de Ecuador de septiembre a diciembre del año 2010.

4.4.2 Radiación Solar

La Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) es la cantidad de radiación que es capaz de producir actividad fotosintética en plantas y otros organismos fotosintéticos como algas o microorganismos. El rango de longitud de onda que comprende la PAR es de 400 a 700 nm y representa del 45 al 53% de la energía solar global registrada. (Inzunza, 2003).

Los datos simulados utilizados en este trabajo están en W m^{-2} , la radiación solar es únicamente utilizada en la ecuación (3) de C_L , para esta ecuación se requiere utilizar los datos de PAR en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; para realizar esto se utiliza un factor de conversión el cual considera que 1 W m^{-2} representan 4.6 en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Además se considera que la PAR representa el 50% de la radiación solar global.

En la Tabla 4.3 se representa la radiación máxima mensual del año 2010, que varía entre 740 y 885 W m^{-2} , registrado al medio día. Se puede ver que enero se registra la mayor radiación solar con un valor de 884.39 W m^{-2}

La Figura 4.4 muestra la variación de la radiación solar durante el año 2010 para un día promedio del mes, en las cuales se observan radiaciones mayores en los meses de enero y febrero con valores mayores a los 800 W m^{-2} , mientras que en junio y julio se registran las menores radiaciones, con valores de alrededor 700 W m^{-2} .

Mes	Radiación (W m ⁻²)	
	Hora	Valor
Enero	12:00	884.39
Febrero	12:00	863.86
Marzo	12:00	877.68
Abril	12:00	829.74
Mayo	13:00	781.28
Junio	13:00	743.01
Julio	12:00	770.07
Agosto	12:00	870.02
Septiembre	12:00	881.37
Octubre	12:00	883.47
Noviembre	12:00	852.69
Diciembre	12:00	841.79

Tabla 4. 2 Radiación solar máxima mensual del año 2010

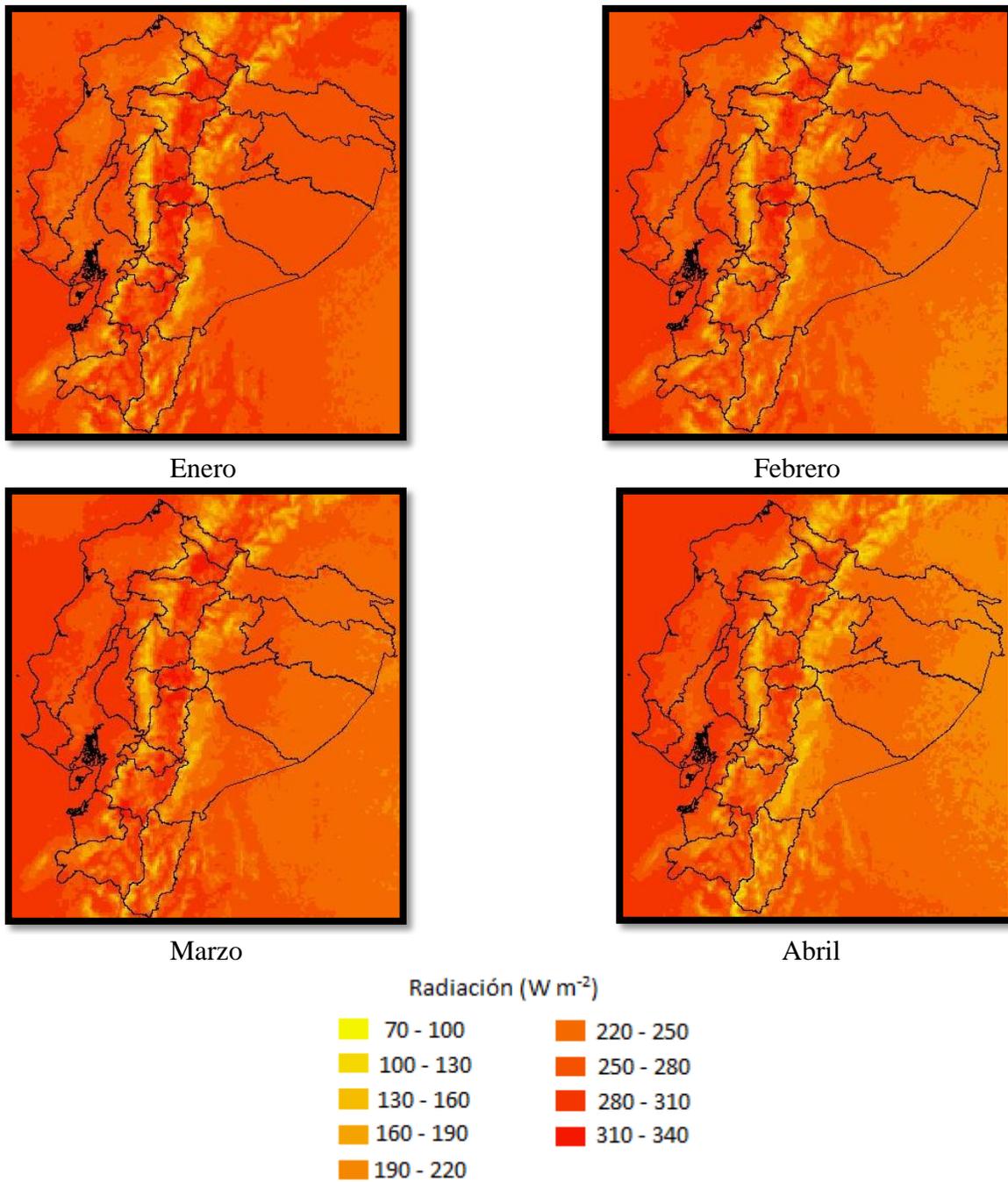


Fig. 4. 6 Evolución mensual de radiación solar de Ecuador de enero a abril del año 2010.

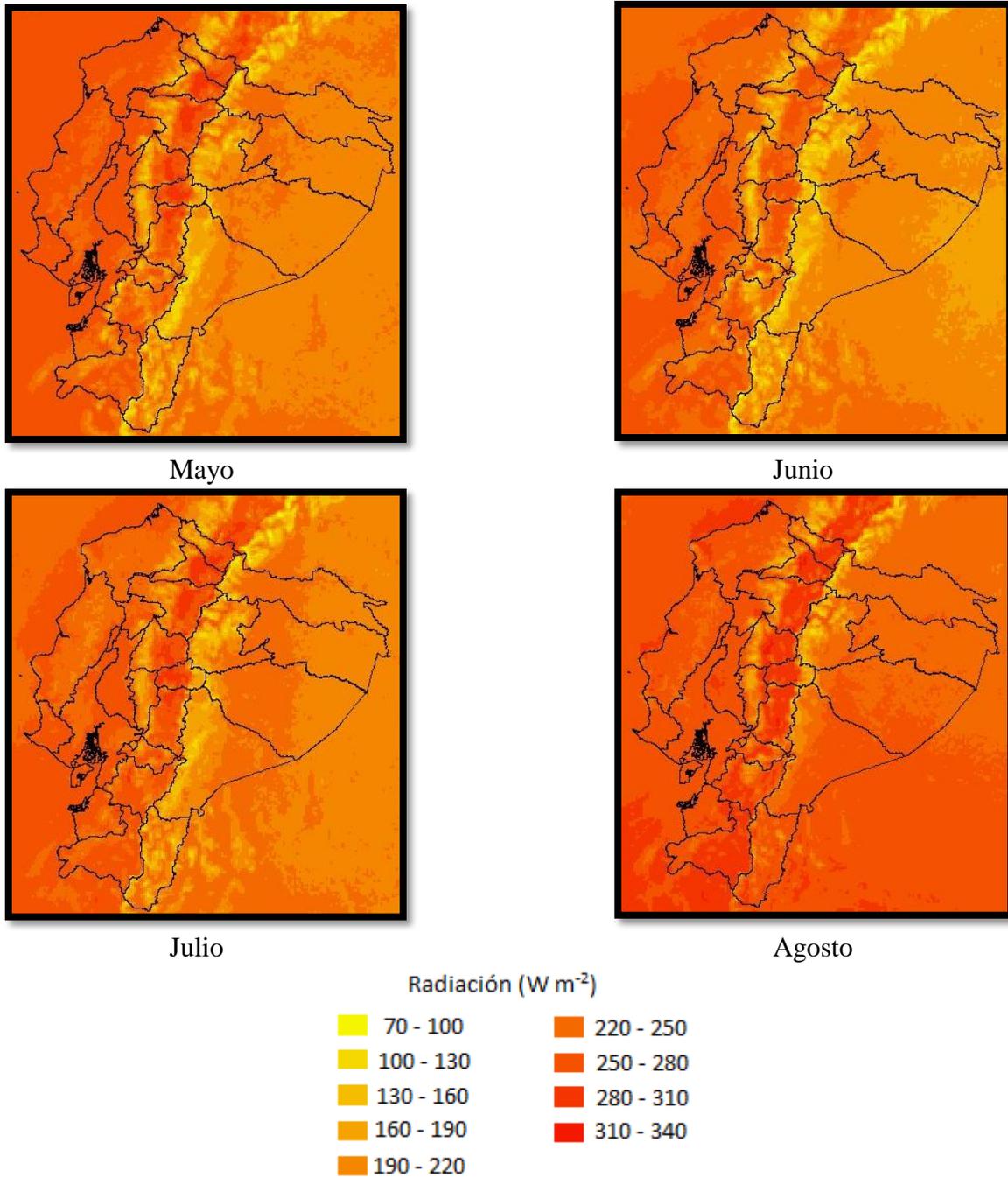
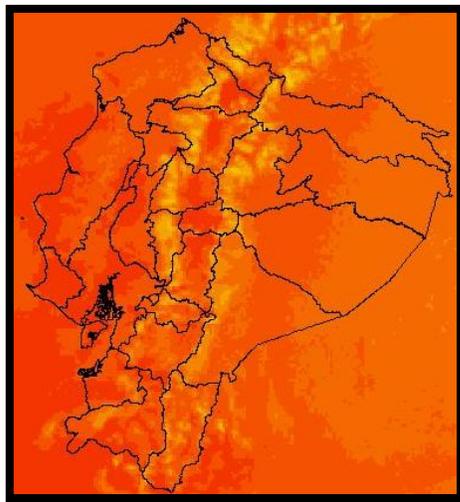
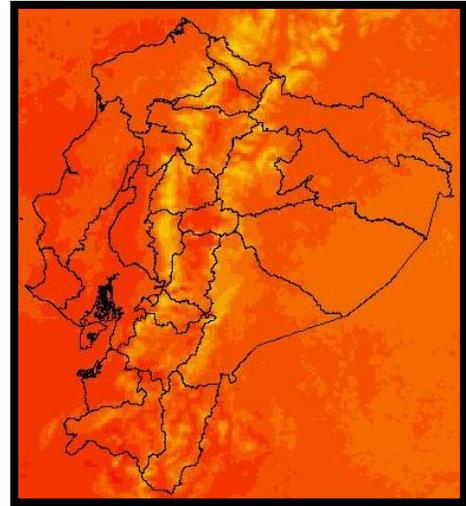


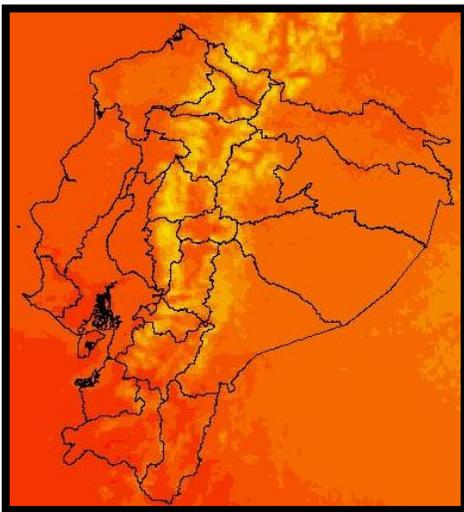
Fig. 4. 7 Evolución mensual de radiación solar de Ecuador de mayo a agosto del año 2010.



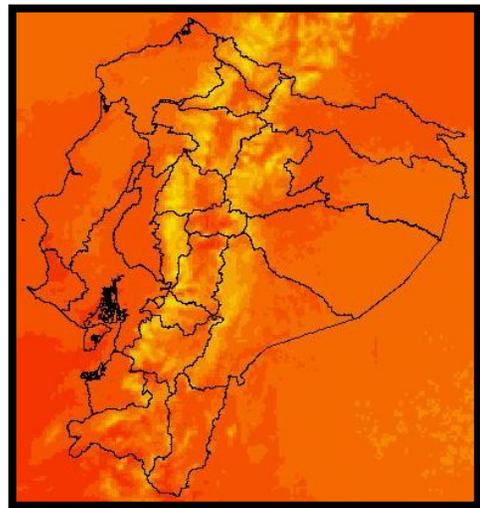
Septiembre



Octubre



Noviembre



Diciembre

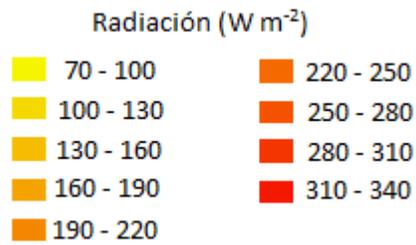


Fig. 4. 8 Evolución mensual de radiación solar de Ecuador de septiembre a diciembre del año 2010.

4.5 Mapa de uso de suelos

El Mapa de Usos de Suelo utilizado fue el del año 2010, obtenido del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP, 2010)

La Figura 4.5 muestra el mapa de Usos de Suelo del Ecuador para el año 2010.

En la Tabla 4.4 se pueden observar los diferentes usos de suelo. El mayor porcentaje perteneciente a la categoría de Bosque Natural con un valor de 40.64%. Existen 39204 celdas con 4 km de lado, de las cuales se detalla el uso de suelo correspondiente.

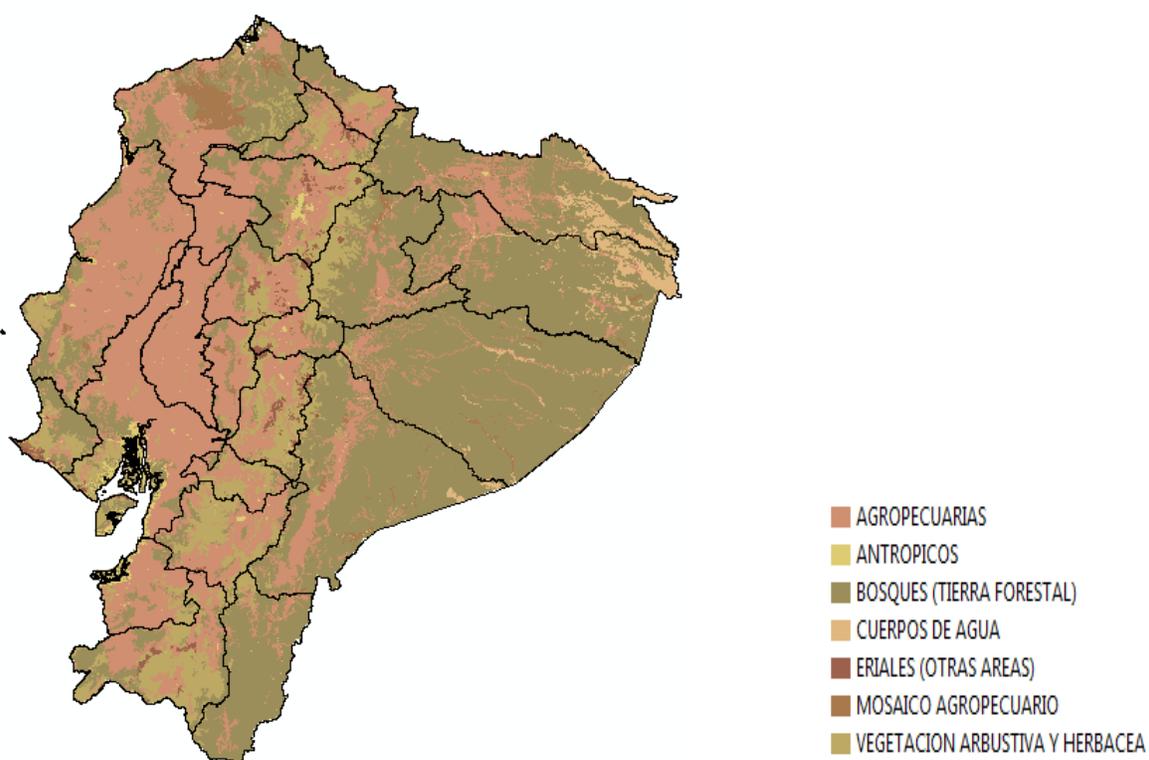


Fig. 4. 9 Mapa de usos de suelo del Ecuador 2010.

Uso de suelo	Numero de celdas	Porcentaje
50% arboricultura tropical-50% pasto cultivado	189	1.17
50% arboricultura tropical-50% pasto natural	4	0.02
50% arboricultura tropical-50% vegetación arbustiva	17	0.11
50% arroz-50% pasto cultivado	37	0.23
50% arroz-50% pasto natural	20	0.12
50% bosque intervenido-50% arboricultura tropical	2	0.01
50% bosque intervenido-50% palma africana	3	0.02
50% bosque intervenido-50% paramo	6	0.04
50% bosque intervenido-50% pasto cultivado	202	1.26
50% bosque intervenido-50% pasto natural	2	0.01
50% bosque intervenido-50% vegetación arbustiva	106	0.66
50% cacao-50% café	12	0.07
50% cultivos bajo invernadero-50% maíz	4	0.02
50% cultivos de ciclo corto-50% arboricultura tropical	4	0.02
50% cultivos de ciclo corto-50% caña de azúcar	5	0.03
50% cultivos de ciclo corto-50% cultivos bajo invernadero	4	0.02
50% cultivos de ciclo corto-50% frutales	5	0.03
50% cultivos de ciclo corto-50% paramo	5	0.03
50% cultivos de ciclo corto-50% pasto cultivado	184	1.14
50% cultivos de ciclo corto-50% pasto natural	9	0.06
50% cultivos de ciclo corto-50% vegetación arbustiva	24	0.15
50% frutales-50% pasto cultivado	33	0.21
50% maiz-50% pasto cultivado	22	0.14
50% maiz-50% vegetación arbustiva	7	0.04
50% palma africana-50% arboricultura tropical	8	0.05
50% palma africana-50% pasto cultivado	1	0.01
50% palma africana-50% pasto natural	1	0.01
50% palma africana-50% vegetación arbustiva	2	0.01
50% papa-50% pasto cultivado	7	0.04
50% paramo-50% vegetación arbustiva	11	0.07
50% pasto cultivado-50% paramo	9	0.06
50% pasto cultivado-50% pasto natural	26	0.16
50% pasto cultivado-50% vegetación arbustiva	81	0.50
50% pasto natural-50% vegetación arbustiva	11	0.07
70% pasto cultivado-30% cultivos de ciclo corto	248	1.54
70% arboricultura tropical-30% banano	21	0.13

Tabla 4. 3 Porcentajes de Usos de Suelo del Ecuador 2010. (1 de 4)

Uso de suelo	Numero de celdas	Porcentaje
70% arboricultura tropical-30% bosque intervenido	75	0.47
70% arboricultura tropical-30% cultivos de ciclo corto	114	0.71
70% arboricultura tropical-30% maíz	103	0.64
70% arboricultura tropical-30% palma africana	3	0.02
70% arboricultura tropical-30% pasto cultivado	96	0.6
70% arboricultura tropical-30% pasto natural	22	0.14
70% área urbana-30% frutales	3	0.02
70% área urbana-30% pasto cultivado	2	0.01
70% arroz-30% maíz	4	0.02
70% arroz-30% pasto cultivado	1	0.01
70% banano-30% maíz	8	0.05
70% bosque intervenido-30% arboricultura tropical	138	0.86
70% bosque intervenido-30% cultivos de ciclo corto	40	0.25
70% bosque intervenido-30% palma africana	182	1.13
70% bosque intervenido-30% palmito	1	0.01
70% bosque intervenido-30% paramo	9	0.06
70% bosque intervendio-30% pasto cultivado	535	3.33
70% bosque intervenido-30% pasto natural	23	0.14
70% bosque intervenido-30% vegetación arbustiva	331	2.06
70% cabuya-30% cultivos de ciclo corto	2	0.01
70% café-30% cacao	48	0.3
70% café- 30% pasto cultivado	24	0.15
70% caña de azucar-30% arboricultura tropical	3	0.02
70% cultivos de ciclo vorto-30% arboricultura tropical	9	0.06
70% cultivos de ciclo cortoe-30% caña de azúcar	4	0.02
70% cultivos de ciclo corto-30% cultivos bajo invernadero	5	0.03
70% cultivos de ciclo corto-30% frutales	41	0.25
70% cultivos de ciclo corto-30% papa	10	0.06
70% cultivos de ciclo corto-30% paramo	4	0.02
70% cultivos de ciclo corto-30% pasto cultivado	154	0.96
70% cultivos de ciclo corto-30% pasto natural	20	0.12
70% cultivos de ciclo corto-30% vegetación arbustiva	23	0.14
70% frutales-30% cultivos de ciclo corto	21	0.13
70% frutales-30% pasto cultivado	3	0.02

Tabla 4.3. Porcentajes de Usos de Suelo del Ecuador 2010. (2 de 4)

Uso de suelo	Numero de celdas	Porcentaje
70% maiz-30% arboricultura tropical	21	0.13
70% maiz-30% bosque plantado	8	0.05
70% maiz-30% cultivos bajo invernadero	7	0.04
70% maiz-30% cultivos de ciclo corto	23	0.14
70% maiz-30% mango	19	0.12
70% maiz-30% pasto cultivado	27	0.17
70% maiz-30% vegetación arbustiva	26	0.16
70% mango-30% arroz	2	0.01
70% mango-30% pasto cultivado	3	0.02
70% palma africana-30% abacá	4	0.02
70% palma africana-30% pasto cultivado	129	0.8
70% palma africana-30% pasto natural	3	0.02
70% palma africana-30% vegetación arbustiva	4	0.02
70% papa-30% pasto cultivado	3	0.02
70% paramo-30% afloramiento rocoso	4	0.02
70% paramo-30% cultivos de ciclo corto	27	0.17
70% paramo-30% pasto cultivado	11	0.07
70% paramo-30% pasto natural	2	0.01
70% paramo-30% vegetación arbustiva	23	0.14
70% pasto cultivado-30% arboricultura tropical	648	4.03
70% pasto cultivado-30% bosque intervenido	421	2.62
70% pasto cultivado-30% bosque plantado	9	0.06
70% pasto cultivado-30% cacao	25	0.16
70% pasto cultivado-30% caña de azúcar	1	0.01
70% pasto cultivado-30% cultivos bajo invernadero	12	0.07
70% pasto cultivado-30% frutales	38	0.24
70% pasto cultivado-30% maíz	16	0.1
70% pasto cultivado-30% papa	5	0.03
70% pasto cultivado-30% paramo	23	0.14
70% pasto cultivado-30% pasto natural	11	0.07
70% pasto cultivado-30% vegetación arbustiva	68	0.42

Tabla 4.3. Porcentajes de Usos de Suelo del Ecuador 2010. (3 de 4)

Uso de suelo	Numero de celdas	Porcentaje
70% pasto natural-30% cultivos de ciclo corto	19	0.12
70% pasto natural-30% maíz	102	0.63
70% pasto natural-30% pasto cultivado	3	0.02
70% pasto natural-30% vegetación arbustiva	32	0.2
70% vegetación arbustiva-30% bosque intervenido	99	0.62
70% vegetación arbustiva-30% cultivos de ciclo corto	38	0.24
70% vegetación arbustiva-30% paramo	11	0.07
70% vegetación arbustiva-30% pasto cultivado	68	0.42
70% vegetación arbustiva-30% pasto natural	147	0.91
Arboricultura tropical	171	1.06
Área erosionada	102	0.63
Área salina	2	0.01
Área urbana	50	0.31
Arroz	173	1.08
Banano	84	0.52
Banco de arena	5	0.03
Bosque natural	6538	40.64
Bosque plantado	18	0.11
Cabuya	5	0.03
Cacao	19	0.12
Café	17	0.11
Camaronera	170	1.06
Caña de azúcar	71	0.44
Cuerpo de agua natural	26	0.16
Cultivos bajo invernadero	1	0.01
Cultivos de ciclo corto	287	1.78
Furtales	16	0.1
Humedal	306	1.9
Maiz	158	0.98
Manglar	139	0.86
Mango	5	0.03
Nieve y hielo	28	0.17
Palma africana	99	0.62
Papa	1	0.01
Paramo	972	6.04
Pastor cultivado	492	3.06
Pastor natural	106	0.66
Playa	1	0.01
Te	1	0.01
Vegetacion arbustiva	466	2.9

Tabla 4.3. Porcentajes de Usos de Suelo del Ecuador 2010. (4 de 4)

4.6 Asignación de Especies Vegetales por Uso de suelo.

Se realizó el análisis y estudio de la composición vegetal de cada uso de suelo según las especies principales. Debido a que Ecuador es un país rico en flora y fauna, además de poseer 4 regiones con características particulares, la asignación de las especies se efectuó de acuerdo a la región en la que se encontraban para que la información obtenida y el inventario de emisiones en general sea más preciso.

4.6.1 Región Costa

A partir de estudios de impacto ambiental realizados en la región, información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC, 2000), e información brindada por el área de proyectos del Ministerio de Ambiente (Yépez, 2012); se determinaron las especies vegetales relevantes que hay en la Costa. La información disponible sobre los parques y reservas naturales fue una fuente importante de información sobre especies endémicas y características de la zona. En el perfil costanero se encuentran usos de suelo característicos como camaroneras, manglar y playa, los cuales no se hallan en el resto del país. Se utilizaron muchos recursos bibliográficos siendo los principales (Fundación SIRUA, 2006), (Villegas & Tene, 2010), (Sistema Estadístico Agropecuario Nacional, 2010), (Lozano, 2011), (Cárdenas C. , 2004), (Báez, Salgado, & Janeth, 2010), (Comafors, 2005), (GYPAM, 2012) (MAGAP, 2012)

En la Tabla 4.4 se indican las especies vegetales encontradas por uso de suelo para la región Costa.

Uso	Categoría	<i>Especies</i>
1	Bosque Natural	Brosimum utile, Camptosperma panamensis, Carapa guianensis Aubl, Astrocaryum standleuanum, Castilla elastica, Cecropia garciae, Conostegia cuatrecasii, Guarea polymera, Hemiepifita Rhodospatha densinervia, Huamiristrum procerum, Matisia alata, Nectandra guararipo, Otopa gordoniiifolia , Phytelphas aequatorialis, Poulsenia armata, Tetrathylacium macrophyllum, Therobroma gileri, Wettinia quinaria, Xanthosoma daguense, Osmunda cinnamonea, Begonia glabra, Caryodaphnopsis, Irbachia alata, Orchidaceae spp, Virola dixonii, Vitex flavens, Ochroma pyramidale, Brosimum utile, Camptosperma panamensis, Muntingia calabura, Centrolobium patinensis, Myroxylon balsamun, Pouteria sp, Carappa guianensis, Bombax sp, Clarisia racemosa, Vitex gigantea, Ceiba trichistandra, Guadua angustifolia, Acacia farnesiana, Ficus insípida, Cochlospermum vitifolium, Bursera graveolens , Prosopis spp, Cordia lutea , Eriotheca ruizii , Capparis mollis, Erythrina velutina, Caesalpinia paraguariensis, Tillandsia usneoides, Cochlospermum vitifolium, Weinmannia ovalis, Libidia corymbosa, Acnistus arborescens, Macrolobium stenosphon, Ipomea pescaprae, Lantana rugulosa, Cereus spp, Guazuma ulmifolia, Simira ecuadorensis, Spondias purpúrea, Pithecellobium pausipinnata, Eugenia sp, Leucaena trichodes, Pithecellobium excelsum, Zanthoxylum sp, Pisonia aculeata, Loxopterygium huasango, Eriotheca ruizii, Geoffroea spinosa, Centrolobium ochroxylum, Clusia polystigma, Protium aracouchini, Vitis vinifera, Chrysophyllum oliviforme, Xanthoxylon Dugandi Stand, Carludovica palmata, Guadua, Cibotium spp, Therobroma gileri, Anthurium andreanum Linden
2	Arboricultura tropical	Vegetación tropical siempreverde
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>

Tabla 4. 4 Especies vegetales por uso de suelo de la Región Costa (1 de 2)

Uso	Categoría	Especies
6	Cultivos de ciclo corto	<i>Oryza sativa, Vicia faba, Manihot utilissima, Zea mays, Carludovica palmata, Saccharum officinaru, Passiflora edulis</i>
7	Frutales	<i>Carica papaya, Citrus limonum Risso, Citrus nobilis, Citrus paradasi, Citrus sinensis, Cocos nucifera, Mangifera indica, Musa sapientum, Passiflora edulis, Persea americana, Prunus persica, Cucumis Melo, Ananas comosus, Manihot utilissima, Musa paradisiaca, Arachis hypogaea, Glycine sp, Gossypium sp.</i>
8	Palma Africana	<i>Elaeis guineensis</i>
9	Pasto Natural	
10	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus escoparius, Panicum máximum, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>
11	Vegetación arbustiva	<i>Protium amplum, Aloe Vera, Graminetum sabanero, Clusia polystigma, Croton fraseri</i>
12	Abaca	<i>Musa textilis (Musaceae)</i>
13	Bosque plantado	<i>Triplaris cumingian Fisch, Guadua angustifolia, Ochoroma pyramidale, Tabebuia chrysantha,</i>
14	Café	<i>Coffea Arabica</i>
15	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum (Poaceae)</i>
16	Banano	<i>Musa x paradisiacal</i>
17	Bosque Intervenido	<i>Prosopis sp, Libidibia corimbosa, Cordia lutea, Jatropha Curcas, Prosopis juliflora, Jacaranda mimosifolia, Senna mollissima, Caesalpinia glabrata, Sapindus saponaria,</i>
18	Mango	<i>Mangifera indica (Anacardiaceae)</i>

Tabla 4.4. Especies vegetales por uso de suelo de la Región Costa (2 de 2)

6.2. Región Sierra

La región Sierra forma parte de la Cordillera de los Andes, con la presencia de microclimas y una diversidad de flora y fauna. En esta región se encuentra el páramo que es parte de su característica y en ella la Reserva Natural El Ángel, ubicada en la provincia de Carchi, donde existen frailejones, especie endémica del lugar. (EcoCiencia, 2008)

Para obtener la información sobre las especies vegetales por cada uso de suelo se utilizó la base de datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, e información ya mencionada anteriormente. (Báez, Salgado, & Janeth, 2010), (Casanova, 2010), (Cárdenas C. , 2004), (Carrasco, 211), (Burneo, 2005) (INEC, 2000), (Lozano, 2011), (MAGAP, 2010), (Sistema Estadístico Agropecuario Nacional, 2010), (Yépez, 2012), (Vásconez, 2006), (Consejo Provincial de Bolívar, 2004), (Cueva & Chalán, 2010), (Ministerio de Ambiente, 2008) (Ministerio de Turismo, 2010), (Romero & Moscoso, 2008), (Morocho, 2008).

Existen áreas erosionadas en la zona de Chimborazo, Loja y Azuay en las cuales no hay vegetación, al igual que en zonas con nieve y hielo que se refieren a los nevados ubicados a lo largo de la Cordillera de los Andes.

En la Tabla 4.5 se encuentran todas las especies vegetales representativas de cada uso de suelo encontrado en la Región Sierra.

Uso	Categoría	Especies
1	Arboricultura Tropical	<i>Vegetación tropical siempreverde, Ananas Comosus, Passiflora edulis.</i>
2	Pasto natural	<i>Calamagrostis intermedia, Carex muricata, Paspalum sp.</i>
3	Vegetación arbustiva	<i>Aloe vera, Escallonia mirtilloides, Buddleja Incan.</i>
4	Cultivos de ciclo corto	<i>Pisum sativum, Hordeum vulgare, Phaseolus vulgaris L, Vicia faba, Solanum tuberosum, Triticum spp, Manihot utilissim, Daucus carota, Allium cepa, Triticum spp, Hordeum vulgare, Phaseolus vulgaris L, Vicia faba, Pisum sativum, Brassica oleracea var. Italica, Lactuca sativa L, Avena sativa, Brassica oleracea var. Viridis, Beta vulgaris var. Conditiva.</i>
5	Cultivos bajo invernadero	<i>Dianthus caryophyllus, Gypsophila paniculata, Limonium sinuatum, Rosa spp. Lycopersicon lycopersicum, Aster alpinus, Dianthus caryophyllus, Delphinium, Zantedeschia aethiopica, Moluccella laevi.</i>
6	Páramo	<i>chuquiragua jussieui, Oritrophium peruvianum, Huperzia talpiphila, Nototriche phyllanthos, Festuca sp., Calamagrostis, Peperomia fruticetorum, Castilleja sp, Valeriana sp, Bomarea glaucescens, Arracacia elata, Azorella pedunculata, Baccharis caespitosa, Diplostephium ericoides, Diplostephium glandulosum, Dorobaea pimpinellifolia, Gynoxys cuicochensis, Gynoxys miniphylla, Valeriana microphylla, Valeriana plantaginea, Valeriana rigida.</i>
7	Maíz	<i>Zea mays</i>
8	Bosque Natural	<i>Carapa guianensis, Eschweilera, Anthurium mindense, Anthurium gualeanum, Gunnera pilosa, Bocconia integrifolia, Piper aduncum, Miconia crocea, Cedrela montana, Chusquea scandens, Puya glomerifera, Centropogon calycinus, Meriania maxima, Cinnamomum palaciosii, C. triplinerve, Freziera canescens, Cotula australis, Critoniopsis palaciosii, Tournefortia fuliginosa, Vallea stipularis, Gunnera pilosa, Nasa grandiflora, Brachyotum ledifolium, Siparuna echinata, Aamadero, Passiflora pinnatistipul, oylepis spp, Vallea stipularis, Eugenia spp, chuquiragua jussieui, Gynoxys buxyfolia, Myrtus Communis, Oreopanax ecuadorensis, Tournefortia scabrina, Podocarpus oleifolius, Cortadeira spp, Brachyotum ledifolium, Baccharis latifolia, Polylepis reticulata, Lichene, Weinmannia fagaroides,</i>

Tabla 4. 5 Especies vegetales por uso de suelo de la Región Sierra. (1 de 2)

Uso	Categoría	Especies
9	Bosque plantado	<i>Pinus sylvestris L, Eucalyptus globulus Labill</i>
10	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>
11	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
12	Palma Africana	<i>Elaeis guineensis</i>
13	Frutales	<i>Citrus sinensis, Theobroma cacao, Coffea spp, Musa sapientum, Cyphomandra betacea, Prunus persica, Malus domestica, Cyphomandra betacea, Pyrus communis L, Citrus limonum Risso, Persea americana, Carica pentagona, Fragaria vesca, Rubus glaucus.</i>
14	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus escoparius, Panicum máximum, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>
15	Café	<i>Coffea arabica (Rubiaceae)</i>
16	Área urbana	
17	Banano	<i>Musa x paradisiaca</i>
18	Bosque intervenido	<i>Cortaderia sp, Pteridium arachanoideum, Baccharis sp, Rubus spp, Terminalia oblonga, Sapium sp., Guarea guidonia, Guadua angustifolia, Ochoroma pyramidale, Trichilia havanensis, Cordia alliodora.</i>

Tabla 4.5. Especies vegetales por uso de suelo de la Región Sierra. (2 de 2)

4.6.3 Región Amazónica.

En la región amazónica hay predominio de bosque natural, cubre alrededor del 90% de esta región. La información utilizada para determinar las especies vegetales de esta región fue obtenida principalmente de publicaciones científicas y de documentos mencionados anteriormente. (Boada, 2009) (Yépez, 2012) (Villegas & Tene, 2010) (Ministerio de Ambiente, 2011), (Unidad de Gestión Territorial de Zamora Chinchipe, 2011), (Cevallos, 2004), (Granizo, 2004), (Universidad del Azuay, 2007), (Lozano, 2008), (Caranqui & Romero, 2011), (Coello, 1995).

Uso	Categoría	Especies
1	Bosque Natural	<i>Erythrina crista-galli, Ceiba trichistandra, Ceiba Petandra, Tabebuia guayaca, Cinnamomum camphora, Laurus nobillis, Ficus jacobii, Ficus urbaniana, Cecropia obtusifolia, Phytelphas Aequatorialis, Mauritia Flexuosa, Dacryodes occidentalis, Platymiscium pinnatum, Ochroma sp, Ealaeis sp, Cinchona pubescens, Castanea sativa, Bursera graveolens, Tipuana tipu, Bursera cuneata, Boswellia carterii, Sapium sp, Virola sp, Protium sp, Apeiba membranacea, Pouteria sp, Zanthoxylum tachuelo, Iriastea deltoidea, jacaranda copaia, Croton sp, Perebea guianense, Pouteria caimito, Virola sp, Apeiba membranacea, Zanthoxylum tachuelo.</i>
2	Arboricultura tropical	<i>Coussapoa crthoneura, Cecropia angustifolia, Cecropia sciadophylla, Iriartea deltoidea, Vismia baccifera, Ochroma pyramidale, Alchornea leptogyna, Inga coruscans, Guatteria sp, Matisia sp, Mabea guianensis, Pouteria glomerat, Croton lechleri, Psidium guajava.</i>
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>
6	Cultivos de ciclo corto	<i>Phaseolus Vulgaris, Zea mays, Manihot utilissima, Chamaerops humilis L, Arachis hypogaea, Dioscœra trífida, Phaseolus vulgaris, Ipomoea batata, Cyphomandra betacea, Carica papaya.</i>
7	Frutales	<i>Carica papaya, Citrus limonum, Citrus aurantiacus, Solanum quitoense, Psidium guajava, Ananas comosus, Citrus paradisi, Cocos nucifera, Eugenia stipitata, Persea americana, Pasiflora quadrangularis.</i>
8	Palma Africana	<i>Elaeis guineensis</i>
9	Pasto Natural	<i>Calamagrostis intermedia, Carex muricata, Paspalum sp.</i>
10	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus escoparius, Panicum máximum, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>
11	Vegetación arbustiva	<i>Loricaria complanata, Pseudobombax munguuba, Triplaris sp, Bactris maraja, Bactris concinna, Neea Parviflora, Miconia nervosa, Coussarea longiflora, Pipes sp, Calitriche deflexa, Crassula vanezuelensis, Potamogetón filiformis.</i>
12	Humedal	<i>Podiceps occipitalis, Phalacrocorax olivaceus, Egretta thula, Nyctanassa violacea, Anas flavirostris, Anas georgica, Oxyura jamaicensis, Larus serranus, Phalaropus tricolor, Fulica americana, Vanellus replendens.</i>
13	Bosque intervenido	<i>Blakea repens, Coussarea longiflora, Farama uniflora, Randia armata, Iriartea deltoidea, Miconia Nervosa, Miconia splendens, Leonia glycarpa, Billia rosea, Dacryodes olivifera, Otopa glycarpa, Compsonera ulei, Iriartea deltoidea.</i>

Tabla 4. 6 Especies vegetales por uso de suelo de la Región Amazónica

4.7 Factores de emisión

Se seleccionaron los factores de emisión tanto de la literatura como de los inventarios ya existentes para ciertas regiones del país. Las fuentes principales de las que se obtuvo información son:

- Base de datos de factores de emisión de compuestos orgánicos volátiles de la Universidad de Lancaster. (Lancaster University, 2002).
- Factores de emisión publicados en la publicación de Kesselmeier. (Kesselmeier & Staudt, 1999).
- Inventario de Emisiones publicado por la Unión Europea del año 2009. (Union Europea, 1999).

La base de datos de la Universidad de Lancaster es la más extensa y con mayor variedad de especies, además de ser muy confiable la información contenida en la misma, por esta razón fue la más utilizada en este trabajo.

Muchas especies vegetales identificadas, no han sido caracterizadas en relación a su capacidad de emitir COVs. Algunas especies son propias del Ecuador y no aparecen en los estudios desarrollados en otros países. Este aspecto contribuye de manera particular en la incertidumbre de las emisiones de la vegetación.

Las especies que disponen factores de emisión en las fuentes consultadas, se indican en las Tablas 4.7, 4.8 y 4.9. 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.

Especies Vegetales	Isopreno (*)	Monoterpenos (**)	OCOV (**)
<i>Carica papaya</i>	0	0	NI
<i>Citrus limonum</i> Risso	0	0	NI
<i>Citrus nobilis</i>	0	0	NI
<i>Citrus paradasi</i>	0	0	NI
<i>Citrus sinensis</i>	0	1.8	1.5
<i>Cocos nucifera</i>	0	0	NI
<i>Mangifera indica</i>	0.022	0	NI
<i>Musa sapientum</i>	0	0	NI
<i>Passiflora edulis</i>	NI	NI	NI
<i>Persea Americana</i>	0	0	NI
<i>Prunus pérsica</i>	0	0.935	NI
<i>Theobroma cacao</i>	0	0	NI
<i>Elaeis guineensis</i>	172.9	0	1.5
<i>Aloe Vera</i>	0	0	1.5
<i>Oryza sativa</i>	0.097	0.243	1.5
<i>Vicia faba</i>	0	0	NI
<i>Musa x paradisiaca</i>	0	0.5	1.9
<i>Manihot utilissima</i>	0	0	NI
<i>Citrus aurantiacus</i>	0	1.8	1.5
<i>Mangifera indica</i>	0.022	0	NI
<i>Ceiba trichistandra</i>	0	0	NI
<i>Guadua angustifolia</i>	0	4.65	NI
<i>Ficus insipid</i>	0	0	NI
<i>Bursera graveolens</i>	58	0	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

Tabla 4. 7 Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Costa (1 de 2)

Especies Vegetales	Isopreno (*)	Monoterpenos (**)	OCOV (**)
<i>Capparis mollis</i>	268	0	NI
<i>Erythrina velutina</i>	0	0	NI
<i>Ipomea pescaprae</i>	0	0	NI
<i>Lantana rugulosa</i>	0	0	NI
<i>Rhizophora mangle L.</i>	0.1	0.1	NI
<i>Avicennia germinans</i>	0.1	0.1	NI
<i>Laguncularia racemosa</i>	0.1	0.1	NI
<i>Vitex gigantean</i>	0	0	NI
<i>Theobroma cacao</i>	0	0	NI
<i>Coffea sp.</i>	0	0	1.5
<i>Juglans regia</i>	0	9.43	1.5
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	0	0.02	NI
<i>Vitis vinífera</i>	0.005	0.03	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

Tabla 4.7. Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Costa (1 de 2)

Especies Vegetales	Isopreno (*)	Monoterpenos (**)	OCOV (**)
<i>Valeriana sp.</i>	1	1	1.6
<i>Bocconia integrifolia</i>	0	0	
<i>Cinnamomum palaciosii</i>	0	0.02	NI
<i>Pinus sylvestris L</i>	0.1	2.5	1.9
<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	79	3.4	1.8
<i>Solanum tuberosum</i>	0	0.6	0
<i>Elaeis guineensis</i>	172.9	0	1.5
<i>Citrus sinensis</i>	0	1.8	1.5
<i>Theobroma cacao</i>	0	0	NI
<i>Coffea sp.</i>	0	0	1.5
<i>Musa sapientum</i>	0	0	NI
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	1.5
<i>Prunus pérsica</i>	0	0.935	NI
<i>Malus domestica</i>	1	0.6	NI
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0.6	NI
<i>Citrus limonum Risso</i>	0	0	NI
<i>Persea americana</i>	0	0	NI
<i>Carica pentagona</i>	0	0	NI
<i>Fragaria vesca</i>	0	0	NI
<i>Rubus glaucus</i>	0	0	NI
<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	0	28.2	1.5
<i>Aster alpines</i>	0	0	1.5
<i>Dianthus caryophyllus</i>	0	0	1.5
<i>Delphinium</i>	0	0	1.5
<i>Rosa spp</i>	0	0	1.5
<i>Limonium sinuatum</i>	0	0	1.5

(*) 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

Tabla 4. 8 Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Sierra (1 de 2)

Especies Vegetales	Isopreno (*)	Monoterpenos (**)	OCOV (**)
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	0	0	1.5
<i>Moluccella laevis</i>	0	0	1.5
<i>Triticum spp</i>	0	0	NI
<i>Hordeum vulgare</i>	0	0	NI
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	0	0	NI
<i>Vicia faba</i>	0	0	1.5
<i>Pisum sativum</i>	0	0	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Lactuca sativa L</i>	0	0	NI
<i>Avena sativa</i>	0.01	0.026	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Beta vulgaris</i>	0	0	NI
<i>Brassica oleracea</i>	0	0	NI
<i>Baccharis latifolia</i>	0.1	0.1	NI
<i>Eugenia sp</i>	110	0	NI
<i>Citrus limonum</i>	0	0	NI
<i>Citrus sinensis</i>	0	1.8	1.5
<i>Cyphomandra betacea</i>	0	0	1.5
<i>Prunus pérsica</i>	0	0.935	NI
<i>Malus domestica</i>	1	0.6	NI
<i>Pyrus communis L</i>	0	0.6	NI

(*) 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

Tabla 4.8. Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Sierra (2 de 2)

Especies Vegetales	Isopreno (*)	Monoterpenos (**)	OCOV (**)
<i>Castanea sativa</i>	0	13.66	
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	0	0.02	
<i>Bursera graveolens</i>	58	0	
<i>Citrus aurantiacus</i>	0	1.8	1.5
<i>Pennisetum purpureum</i>	NI	NI	1.5
<i>Brachiaria decumbens</i>	NI	NI	1.5
<i>Axonopus scoparius</i>	NI	NI	1.5
<i>Panicum máximum</i>	NI	NI	1.5
<i>Axonopus micay</i>	NI	NI	1.5
<i>Eriochloa polystachya</i>	NI	NI	1.5
<i>Echinochloa polystadiya</i>	NI	NI	1.5
<i>Juglans neotropica</i>	0.2	2.3	1.5
<i>Elaeis guineensis</i>	172.9	0	1.5
<i>inga edulis</i>	0	0	NI
<i>Parkia sp</i>	0	0	NI
<i>sterculia colombiana</i>	0	0	NI
<i>Juncus stipulates</i>	0	0	1.5
<i>Chamaerops humilis L</i>	0	0	NI
<i>Arachis hypogaea</i>	0	0	NI
<i>Manihot utilissima</i>	0	0	NI
<i>Phaseolus vulgaris L</i>	0	0	1.5
<i>Persea Americana</i>	0	0	0
<i>Cocos nucifera</i>	0	0	0
<i>Annona muricata</i>	0	0	0
<i>Citrus limón</i>	0	0	0
<i>Carica papaya</i>	0	0	0
<i>Citrus Paradise</i>	0	0	0
<i>Ledum palustre</i>	0	0	0
<i>Ledum groenlandicum</i>	0	0	0
<i>Leptospermum scoparium</i>	0	0	0
<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	1.5
<i>Ceiba Petandra</i>	0	0	NI
<i>Cinnamomum camphora</i>	0	0.02	NI
<i>Laurus nobillis</i>	0	0.93	NI
<i>Zea mays</i>	0	0.472	1.5
<i>Juglans regia</i>	0	1.68	1.5

Tabla 4. 9 Factores de emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$) de especies vegetales de la Amazonía

4.7.1 Factores de emisión asignado por uso de suelo.

Al obtener los factores de emisión de las especies vegetales se promediaron los valores y se obtiene un valor determinado por uso de suelo para cada región. Las Tablas 4.10, 4.11 y 4.12 muestran los factores de emisión pertenecientes a cada uso de suelo de las diferentes regiones. En la región Costa existe exclusivamente el uso de suelo Manglar para el cual existe información disponible de factores de emisión de especies vegetales, mientras que en el uso de suelo Humedales propio de la región Amazónica no existe información de factores de emisión disponible para las especies vegetales.

En general el uso de suelo Palma Africana es el mayor emisor de isopreno al igual que Bosque Plantado, esto es debido a la presencia de Eucalipto el cual posee un factor de emisión de $79 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$.

En la región Sierra se presenta el uso de suelo Bosque Natural con mayor emisión de monoterpenos, con un valor de $5.23 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$.

Respecto a OCOV, el uso de suelo correspondiente a Maíz es el mayor emisor, con un factor de $1.9 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$

Uso	Categoría	Especies	Factor de Emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)		
			Isopreno	Monoterpenos	OCOV
1	Bosque Natural	Brosimum utile, Camptosperma panamensis, Carapa guianensis Aubl, Astrocaryum standleuanum, Castilla elastica, Cecropia garciae, Conostegia cuatrecasii, Guarea polymera, Hemiepifita Rhodospatha densinervia, Huamirastrum procerum, Matisia alata, Nectandra guararipo, Otoba gordoniiifolia , Phytelephas aequatorialis, Poulsenia armata, Tetrathylacium macrophyllum, Therobroma gileri, Wettinia quinaria, Xanthosoma daguense, Osmunda cinnamonea, Begonia glabra, Caryodaphnopsis, Irbachia alata, Orchidaceae spp, Virola dixonii, Vitex flavens, Ochroma pyramidale, Brosimum utile, Camptosperma panamensis, Muntingia calabura, Centrolobium patinensis, Myroxylon balsamun, Pouteria sp, Carappa guianensis, Bombax sp, Clarisia racemosa, Vitex gigantea, Ceiba trichistandra, Guadua angustifolia, Acacia farnesiana, Ficus insípida, Cochlospermum vitifolium, Bursera graveolens , Prosopis spp, Cordia lutea , Eriotheca ruizii , Capparis mollis, Erythrina velutina, Caesalpinia paraguariensis, Tillandsia usneoides, Cochlospermum vitifolium, Weinmannia ovalis, Libidia corymbosa, Acnistus arborescens, Macrolobium stenosphon, Ipomea pescaprae, Lantana rugulosa, Cereus spp, Guazuma ulmifolia, Simira ecuadorensis, Spondias purpúrea, Pithecellobium pausipinnata, Eugenia sp, Leucaena trichodes, Pithecellobium excelsum, Zanthoxylum sp, Pisonia aculeata, Loxopterygium huasango, Eriotheca ruizii, Geoffroea spinosa, Centrolobium ochroxylum, Clusia polystigma, Protium aracouchini, Vitis vinifera, Chrysophyllum oliviforme, Xanthoxylon Dugandi Stand, Carludovica palmata, Guadua, Cibotium spp, Therobroma gileri, Anthurium andreanum Linden	21.14	0.3	0
2	Arboricultura tropical	Vegetación tropical siempreverde	0	0	1.5
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	0	0	1.5

Tabla 4. 10 Factores de emisión por uso de suelo de la Costa (1 de 2)

Uso	Categoría	Especies	Factor de Emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)		
			Isopreno	Monoterpenos	OCOV
7	Frutales	<i>Carica papaya, Citrus limonum</i> Risso, <i>Citrus nobilis, Citrus paradasi, Citrus sinensis, Cocos nucifera, Mangifera indica, Musa sapientum, Passiflora edulis, Persea americana, Prunus persica, Cucumis Melo, Ananas comosu, Manihot utilissima, Musa paradisiaca, Arachis hypogaea, Glycine sp, Gossypium sp.</i>	0.002	0.274	0
8	Palma Africana	<i>Elaeis guineensis</i>	172.9	0	1.5
9	Pasto Natural	<i>Calamagrostis intermedia, Carex muricata, Paspalum sp.</i>	0.1	0.3	0.2
10	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus scoparius, Panicum máximum, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>	0	0	1.5
11	Vegetación arbustiva	<i>Protium amplum, Aloe Vera, Graminetum sabanero, Clusia polystigma, Croton fraseri</i>	0	0	1.5
12	Abacá	<i>Musa textilis</i>	0	0	1.5
13	Bosque plantado	<i>Triplaris cumingian Fisch, Guadua angustifolia, Ochoroma pyramidale, Tabebuia chrysantha,</i>	0	0	1.5
14	Café	<i>Coffea arabica</i>	0	0	1.5
15	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	1.5

Tabla. 4.10. Factores de emisión por uso de suelo de la Costa (2 de 2)

Uso	Categoría	Especies	Factor de Emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)		
			Isopreno	Monoterpenos	OCOV
1	Arboricultura Tropical	<i>Vegetación tropical siempreverde, Ananas Comosus, Passiflora edulis.</i>	0	0	1.5
2	Pasto natural	<i>Calamagrostis intermedia, Carex muricata, Paspalum sp.</i>	0.1	0.3	0.2
3	Vegetación arbustiva	<i>Aloe vera, Escallonia mirtilloides, Buddleja Incan.</i>	0	0	1.5
4	Cultivos de ciclo corto	<i>Pisum sativum, Hordeum vulgare, Phaseolus vulgaris L, Vicia faba, Solanum tuberosum, Triticum spp, Manihot utilissim, Daucus carota, Allium cepa, Triticum spp, Hordeum vulgare, Phaseolus vulgaris L, Vicia faba, Pisum sativum, Brassica oleracea var. Italica, Lactuca sativa L, Avena sativa, Brassica oleracea var. Viridis, Beta vulgaris var. Conditiva.</i>	0.0009	0.0796	1.5
5	Cultivos bajo invernadero	<i>Dianthus caryophyllus, Gypsophila paniculata, Limonium sinuatum, Rosa spp. Lycopersicon lycopersicum, Aster alpinus, Dianthus caryophyllus, Delphinium, Zantedeschia aethiopica, Moluccella laevi.</i>	0	3.13	1.5
6	Páramo	<i>Chuquiragua jussieui, Oritrophium peruvianum, Huperzia talpiphila, Nototriche phyllanthos, Festuca sp., Calamagrostis, Peperomia fruticetorum, Castilleja sp, Valeriana sp, Bomarea glaucescens, Arracacia elata, Azorella pedunculata, Baccharis caespitosa, Diplostephium ericoides, Diplostephium glandulosum, Dorobaea pimpinellifolia, Gynoxys cuicochensis, Gynoxys miniphylla, Valeriana microphylla, Valeriana plantaginea, Valeriana rigida.</i>	1	1	1.6
7	Maíz	<i>Zea mays</i>	0	0.5	1.9
8	Bosque intervenido	<i>Cortaderia sp, Pteridium arachanoideum, Baccharis sp, Rubus spp, Terminalia oblonga, Sapium sp., Guarea guidonia, Guadua angustifolia, Ochoroma pyramidale, Trichilia havanensis, Cordia alliodora.</i>	1.3	0.2	0

Tabla 4. 11 Factores de emisión por uso de suelo de la Sierra (1 de 2)

Uso	Categoría	Especies	Factor de Emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)		
			Isopreno	Monoterpenos	OCOV
9	Bosque Natural	<i>Carapa guianensis, Eschweilera, Anthurium mindense, Anthurium gualeanum, Gunnera pilosa, Bocconia integrifolia, Piper aduncum, Miconia crocea, Cedrela montana, Chusquea scandens, Puya glomerifera, Centropogon calycinus, Meriania maxima, Cinnamomum palaciosii, C. triplinerve, Freziera canescens, Cotula australis, Critoniopsis palaciosii, Tournefortia fuliginosa, Vallea stipularis, Gunnera pilosa, Nasa grandiflora, Brachyotum ledifolium, Siparuna echinata, Aamaderoi, Passiflora pinnatistipul, oylepis spp, Vallea stipularis, Eugenia spp, chuquiragua jussieui, Gynoxys buxyfolia, Myrtus Communis, Oreopanax ecuadorensis, Tournefortia scabrina, Podocarpus oleifolius, Cortadeira spp, Brachyotum ledifolium, Baccharis latifolia, Polylepis reticulata, Lichene, Weinmannia fagaroides,</i>	0	5.23	1.5
10	Bosque plantado	<i>Pinus sylvestris L, Eucalyptus globulus Labill</i>	39.55	2.95	1.85
11	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	0	0	*
12	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	0	0.6	0
13	Palma africana	<i>Elaeis guineensis</i>	172.9	0	1.5
14	Frutales	<i>Citrus sinensis, Theobroma cacao, Coffea spp, Musa sapientum, Cyphomandra betacea, Prunus persica, Malus domestica, Cyphomandra betacea, Pyrus communis L, Citrus limonum Risso, Persea americana, Carica pentagona, Fragaria vesca, Rubus glaucus.</i>	0.11	0.3	1.5
15	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus escoparius, Panicum máximum, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>	0	0	1.5
16	Café	<i>Coffea arabica (Rubiaceae)</i>	0	0	1.5
17	Área urbana		22	1.95	0.64
18	Banano	<i>Musa x paradisiaca</i>	0	0	1.5

Tabla 4.11 Factores de emisión por uso de suelo de la Sierra. (2 de 2)

Uso	Categoría	Especies	Factor de Emisión ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)		
			Isopreno	Monoterpenos	OCOV
1	Bosque Natural	<i>Erythrina crista-galli, Ceibo trichistandra, Ceiba Petandra, Tabebuia guayaca, Cinnamomum camphora, Laurus nobillis, Ficus jacobii, Ficus urbaniana, Cecropia obtusifolia, Phytelphas Aequatorialis, Mauritia Flexuosa, Dacryodes occidentalis, Platymiscium pinnatum, Ochroma sp, Ealaeis sp, Cinchona pubescens, Castanea sativa, Bursera graveolens, Tipuana tipu, Bursera cuneata, Boswellia carterii, Sapium sp, Virola sp, Protium sp, Apeiba membranacea, Pouteria sp, Zanthoxylum tachuelo, Iriastea deltoidea, jacaranda copaia, Croton sp, Perebea guianense, Pouteria caimito, Virola sp, Apeiba membranacea, Zanthoxylum tachuelo.</i>	6.5	1.52	0
2	Arboricultura tropical	<i>Coussapoa crthoneura, Cecropia angustifolia, Cecropia sciadophylla, Iriarte deltoidea, Vismia baccifera, Ochroma pyramidale, Alchornea leptogyna, Inga coruscans, Guatteria sp, Matisia sp, Mabea guianensis, Pouteria glomerat, Croton lechleri, Psidium guajava.</i>	0	0	1.5
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	0	0	1.5
4	Cultivos de ciclo corto	<i>Phaseolus Vulgaris, Zea mays, Manihot utilissima, Chamaerops humilis L, Arachis hypogaea, Dioscorea trifida, Phaseolus vulgaris, Ipomoea batata, Cyphomandra betacea, Carica papaya.</i>	0	0.472	1.5
5	Frutales	<i>Carica papaya, Citrus limonum, Citrus aurantiacus, Solanum quitoense, Psidium guajava, Ananas comosus, Citrus paradisi, Cocos nucifera, Eugenia stipitata, Persea americana, Pasiflora quadrangularis.</i>	0	1.8	1.5
6	Palma Africana	<i>Elaeis guineensis</i>	172.9	0	1.5
7	Pasto Natural	<i>Calamagrostis intermedia, Carex muricata, Paspalum sp.</i>	0.1	0.3	0.2
8	Pasto cultivado	<i>Pennisetum purpureum, Brachiaria decumbens, Axonopus escoparius, Panicum máximum, Axonopus micay, Eriochloa polystachya, Echinochloa polystadiya.</i>	0	0	1.5
9	Vegetación arbustiva	<i>Loricaria complanata, Pseudobombax munguuba, Triplaris sp, Bactris maraja, Bactris concinna, Neea Parviflora, Miconia nervosa, Coussarea longiflora, Pipes sp, Calitriche deflexa, Crassula vanezuelensis, Potamogetón filiformis.</i>	0	0	1.5
10	Humedal	<i>Podiceps occipitalis, Phalacrocorax olivaceus, Egretta thula, Nyctanassa violacea, Anas flavirostris, Anas georgica, Oxyura jamaicensis, Larus serranus, Phalaropus tricolor, Fulica americana.</i>	NI	NI	NI
11	Bosque intervenido	<i>Blakea repens, Coussarea longiflora, Faramaea uniflora, Randia armata, Iriarte deltoidea, Miconia Nervosa, Miconia splendens, Leonia glycarpa, Billia rosea, Dacryodes olivifera, Otoba glycyarpa, Compsonera ulei, Iriarte deltoidea.</i>	0	0	1.5

Tabla 4. 12 Factores de emisión por uso de suelo de la Amazonía.

4.8. Densidad de biomasa foliar

Para determinar la densidad de biomasa foliar por uso de suelo se utilizó como referencia la tesis sobre Determinación de la Biomasa Foliar de especies Vegetales de la Escuela Politécnica del Ejecito (Flores & Flores, 2007). En la Tabla 4.13 se detallan los usos de suelo y su valor de biomasa foliar expresada en g/m^2 para cada mes del año.

Uso de suelo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dic
Bosque natural	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485	485
Bosque intervenido	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Cultivos de ciclo corto	0	0	123	123	123	0	0	123	123	123	0	0
Manglar	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Frutales	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
Pasto cultivado	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
Arboricultura tropical	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398	398
Paramo	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Cacao	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
Café	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181
Mango	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123	123
Maíz	0	380	380	0	0	0	0	380	380	380	380	0
Palma Africana	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Vegetación arbustiva	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Banano	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Papa	0	0	32	32	32	0	0	32	32	32	0	0
Caña de azúcar	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111
Pasto natural	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
Bosque plantado	361.8	361.8	361.8	361.8	361.8	361.8	362	361.8	361.8	361.8	361.8	361.8
Cultivos bajo invernadero	241.3	241.3	241.3	241.3	241.3	241.3	241	241.3	241.3	241.3	241.3	241.3
Palmito	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3	69.3
Abaca	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Área Urbana	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Tabla 4. 13 Densidad de biomasa foliar ($g m^{-2}$) por uso de suelo.

En la Tabla 4.14 se realizó un resumen de los usos de suelo en promedio para el año, dado que en la mayoría de usos de suelo no muestran variaciones en sus valores, se ven cambios en los cultivos de ciclo corto, papa y maíz, debido a las épocas de cosecha.

Uso de suelo	Promedio anual (g m⁻²)
Bosque natural	485
Bosque intervenido	200
Cultivos de ciclo corto	61.5
Manglar	300
Frutales	153
Pasto cultivado	159
Arboricultura tropical	398
Páramo	145
Cacao	179
Café	181
Mango	123
Maíz	190
Palma africana	250
Vegetación arbustiva	150
Banano	180
Papa	16
Caña de azúcar	111
Pasto natural	159
Bosque plantado	361.8
Cultivos bajo invernadero	241.3
Palmito	69.3
Abaca	180
Area Urbana (*)	15
Playa	0
Zona erosionada	0

Tabla 4. 14 Densidad de biomasa foliar anual.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 Emisiones de COVs de la vegetación de los días medios mensuales.

En las Figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 se pueden observar los perfiles horarios para cada mes del año 2010. Claramente se observa una mayor cantidad de emisiones en marzo, los valores de emisiones totales mensuales son alrededor de las 1743 kt por mes, mucho mayores que las emisiones que se dan en agosto (emisiones totales son de 77.3 kt por mes). Las mayores emisiones se observan al medio día, debido a las emisiones de isopreno que dependen directamente de la PAR y de la temperatura.

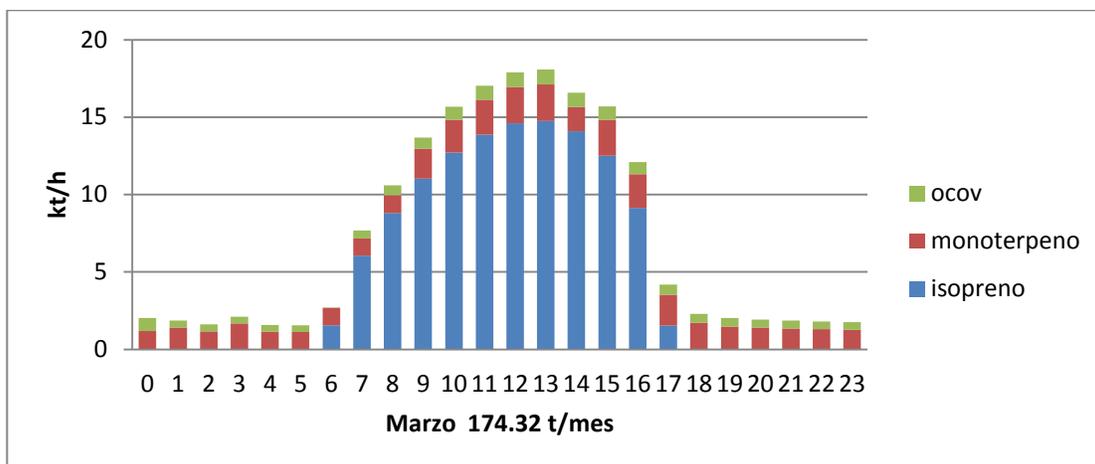
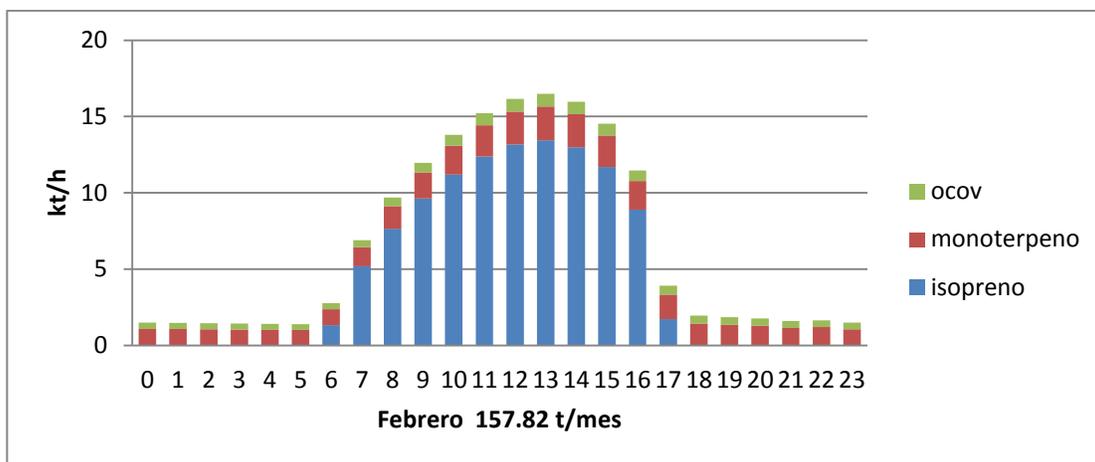
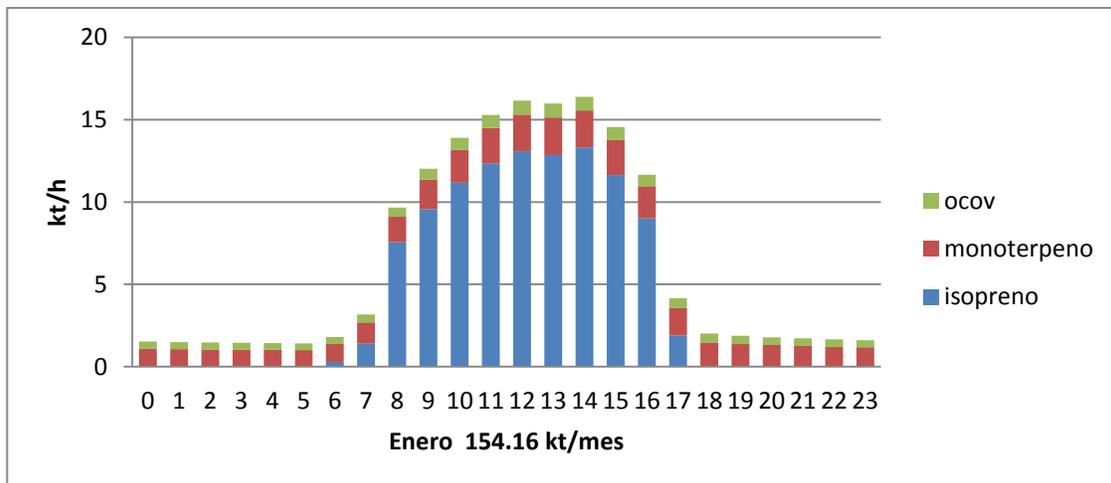


Fig. 5. 1 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de enero a marzo.

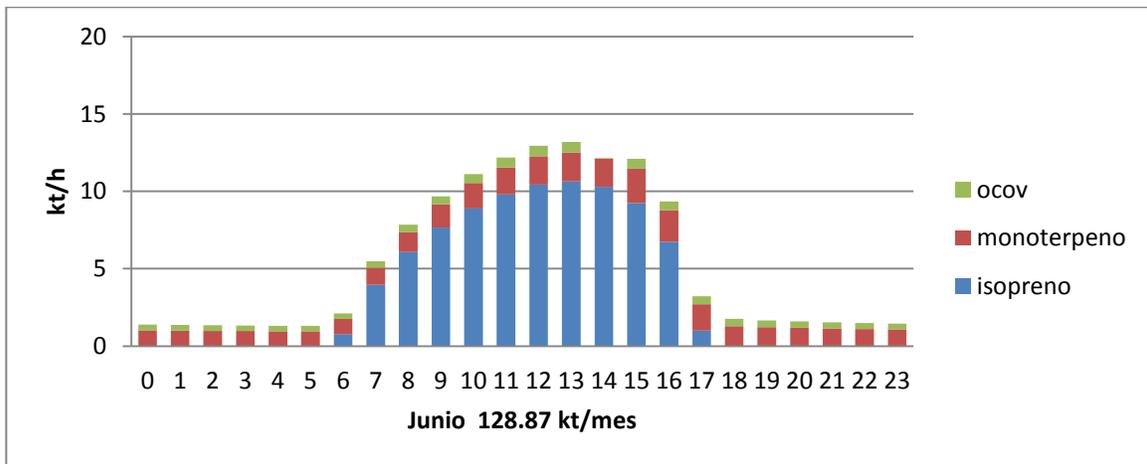
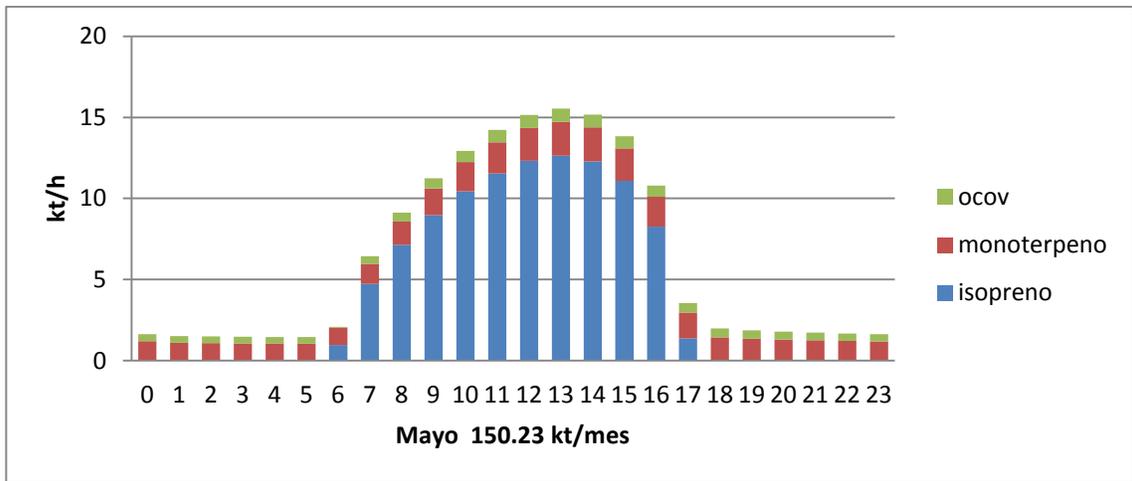
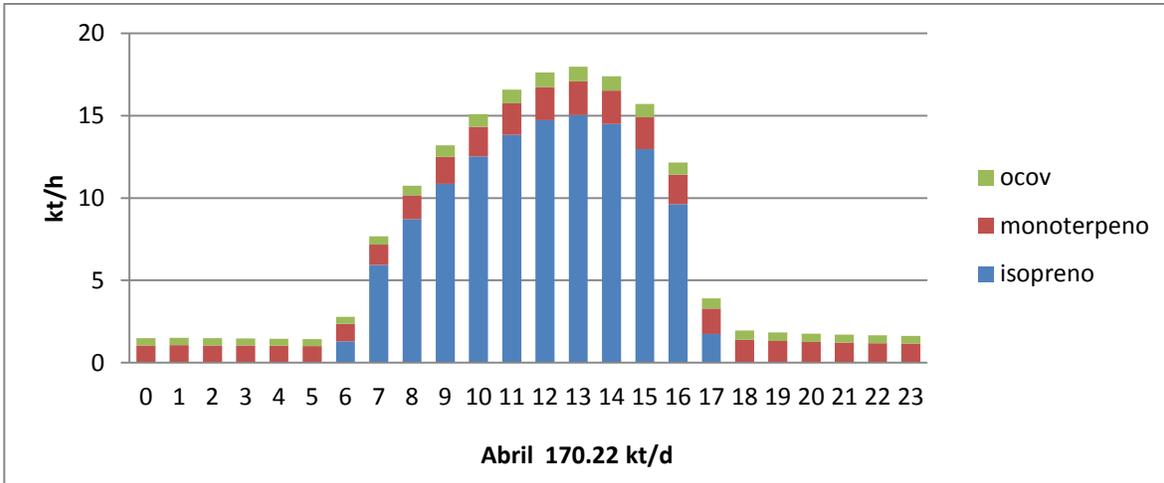


Fig. 5. 2 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de abril a junio.

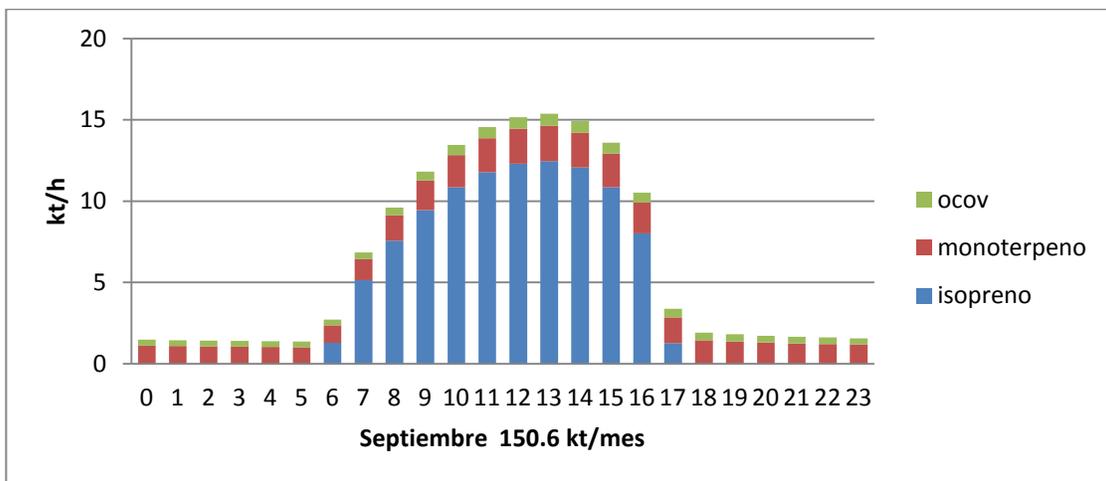
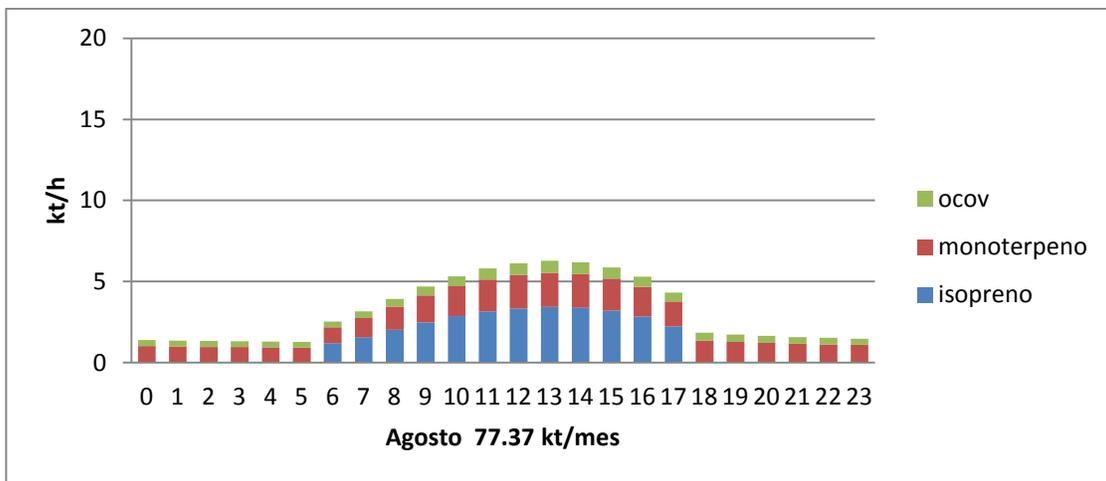
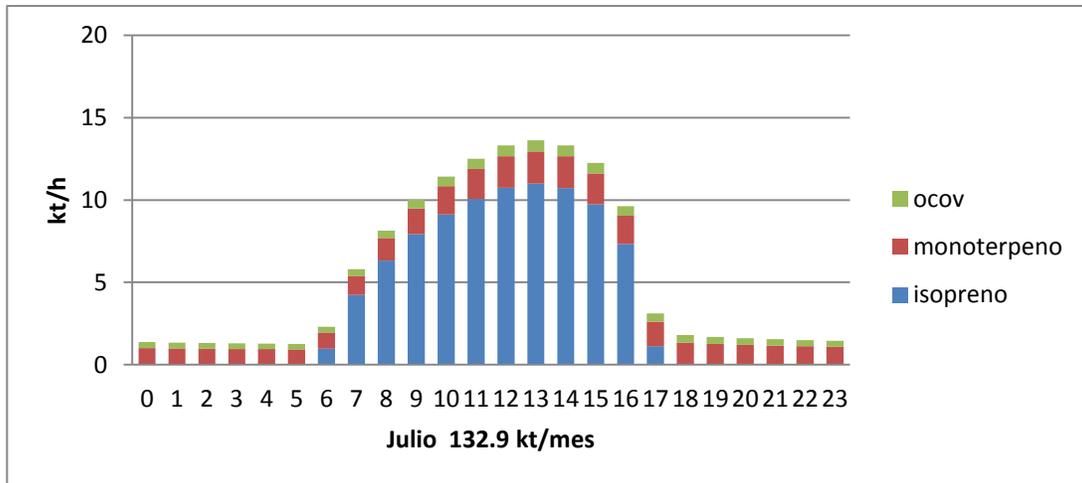


Fig. 5. 3 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de julio a septiembre.

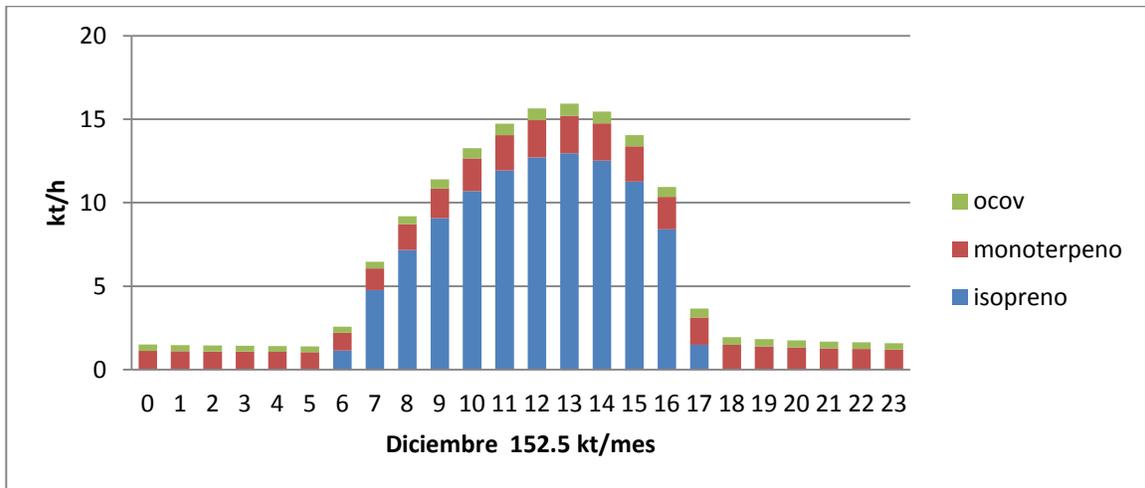
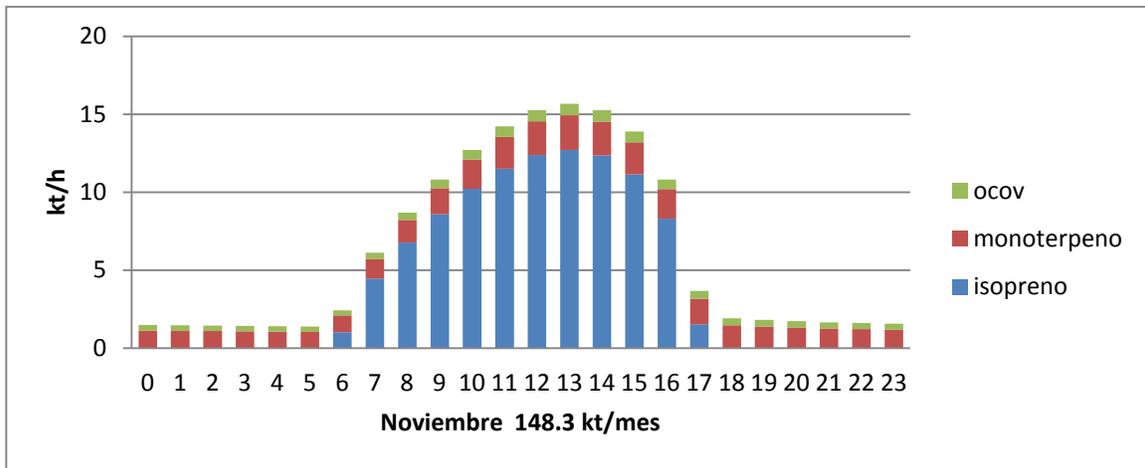
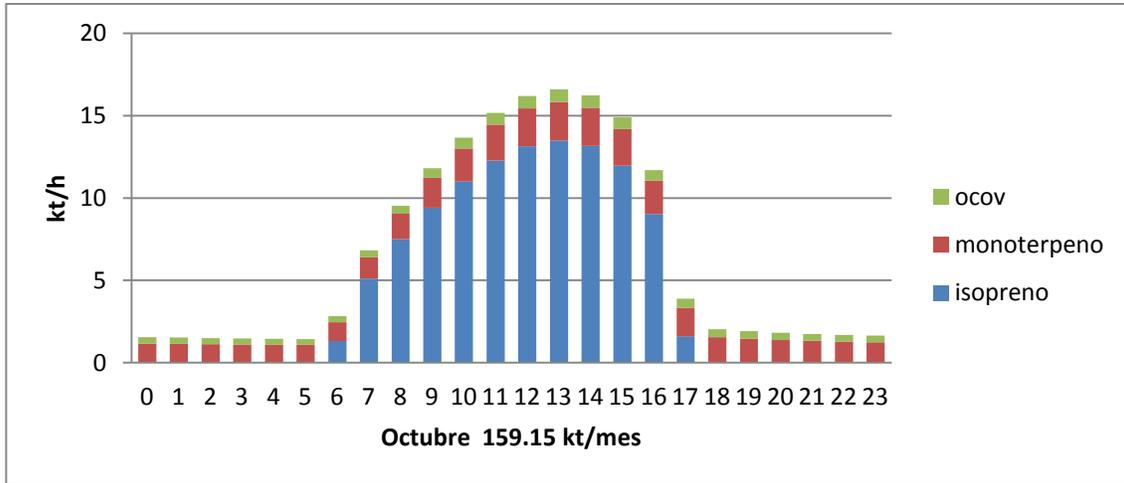


Fig. 5. 4 Perfiles medios de emisiones mensuales de COVs de octubre a diciembre.

5.2 Emisiones mensuales y anuales.

En la Tabla 5.1 y en la Figura 5.5, se puede observar el comportamiento durante el año 2010 de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico. Las emisiones totales son de 1855.6 kt anuales, las cuales se ven distribuidas en isopreno con una cantidad de 1278.6 kt/mes, monoterpenos con 427.6 kt/mes y otros compuestos orgánicos volátiles que le corresponden 149.3 kt/mes.

MES	Isopreno		Monoterpenos		OCOV		TOTAL	
	kt/mes	%	kt/mes	%	kt/mes	%	kt/mes	%
Enero	124.2	9.71	36.4	8.52	11.6	7.79	172.3	9.28
Febrero	120.6	9.43	35.3	8.25	10.8	7.24	166.7	8.98
Marzo	133.8	10.46	36.21	8.45	12.2	8.19	182.2	9.82
Abril	121.7	9.52	31.4	7.34	11.7	7.82	164.8	8.88
Mayo	112.1	8.77	33.7	7.88	13.3	8.94	159.2	8.58
Junio	93.8	7.34	34.38	8.02	10.7	7.20	138.9	7.49
Julio	97.1	7.59	38.7	9.06	11.2	7.50	147.2	7.92
Agosto	31.8	2.49	35.1	8.22	14.9	10.01	81.8	4.41
Septiembre	111.3	8.71	35.9	8.41	14.2	9.52	161.9	8.70
Octubre	117.7	9.21	37.9	8.88	13.9	9.29	169.8	9.14
Noviembre	110.2	8.62	35.8	8.38	11.4	7.66	157.2	8.49
Diciembre	104.1	8.14	36.8	8.60	13.2	8.84	154.6	8.30
TOTAL	1278.6	100.00	427.7	100.00	149.3	100.00	1855.6	100.00

Tabla 5. 1 Emisiones de COVs de la vegetación del Ecuador del año 2010.

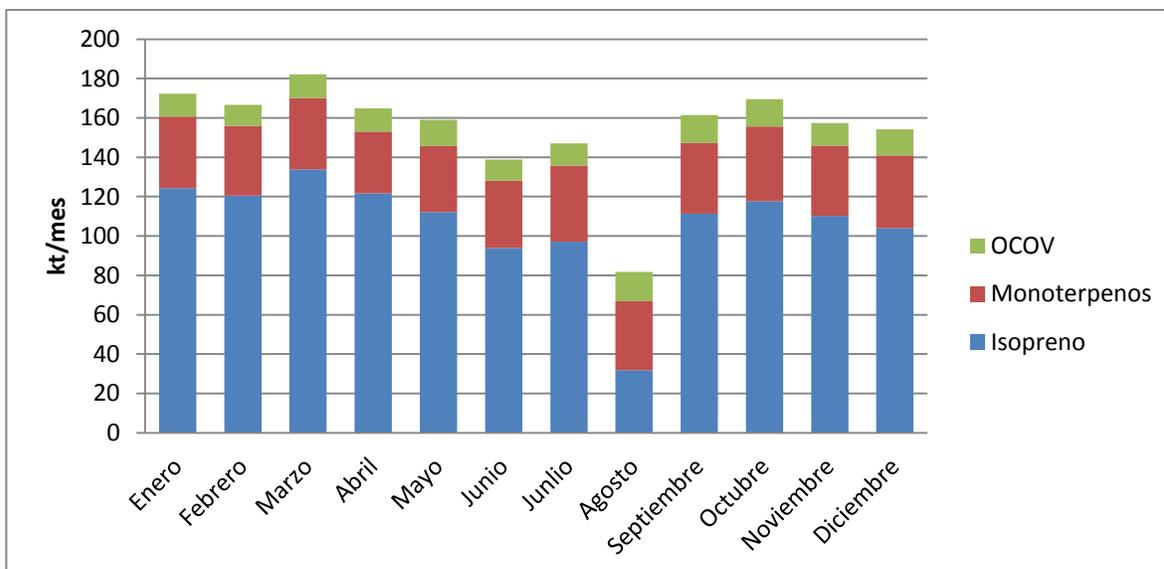


Fig. 5. 5 Emisiones de COVs para el Ecuador del año 2010.

En agosto se presenta las menores emisiones, debido a las menores temperaturas, en relación a los otros meses, con un total de 81 000 t.

Las emisiones de monoterpenos y OCOVs no hay presentan cambios tan marcados, en razón de que el rango de variación de la temperatura no es amplio.

En las Figuras 5.6 y 5.7 se representan la distribución geográfica de las emisiones de isopreno para los días medios mensuales del año 2010.

En las Figuras 5.8 y 5.9 se observa la distribución geográfica de las emisiones de monoterpenos para los días medios mensuales del año 2010.

Las Figuras 5.11 y 5.12 muestran la distribución geográfica de las emisiones de OCOV para los días medios mensuales del año 2010.

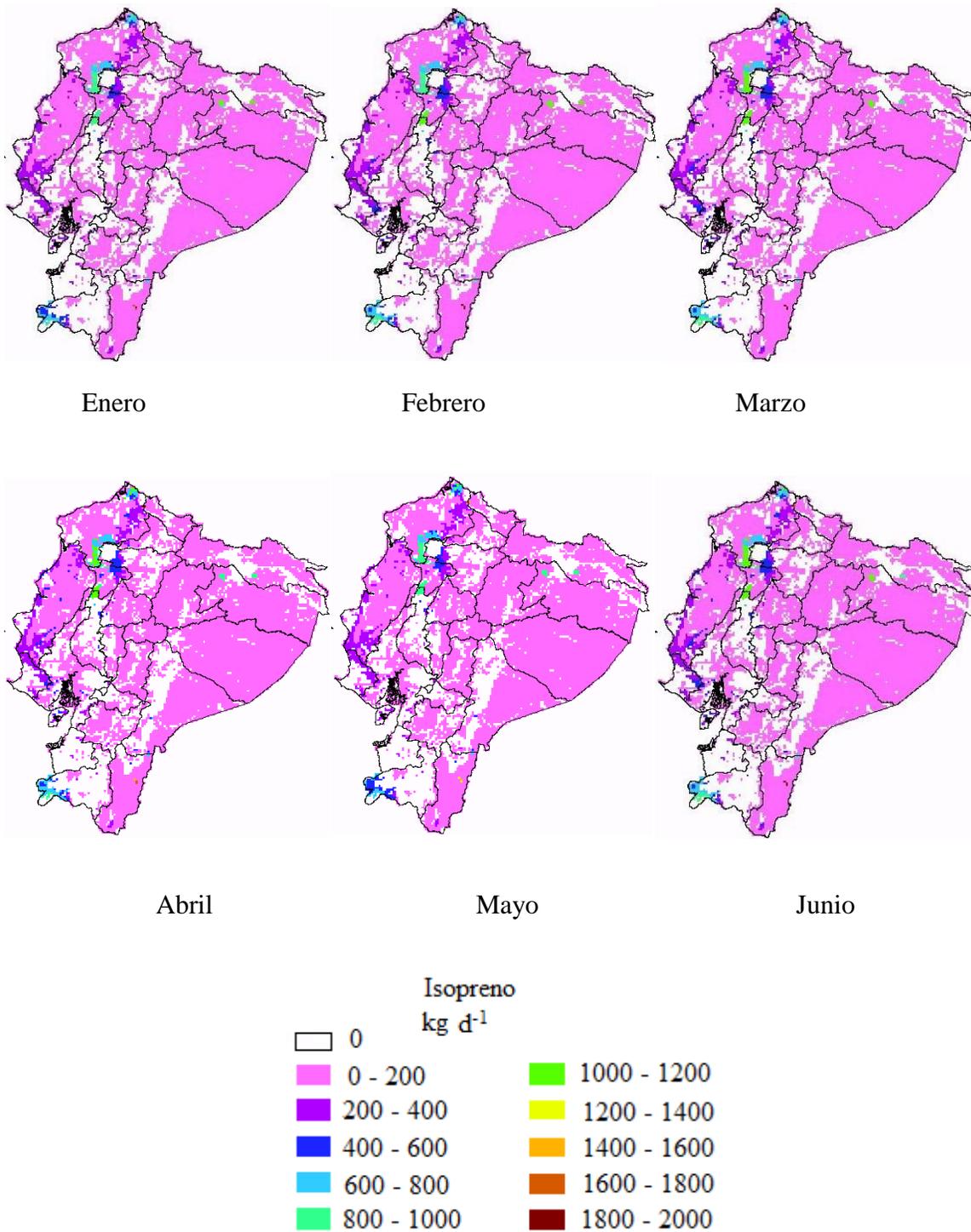


Fig. 5. 6 Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno de enero a junio.

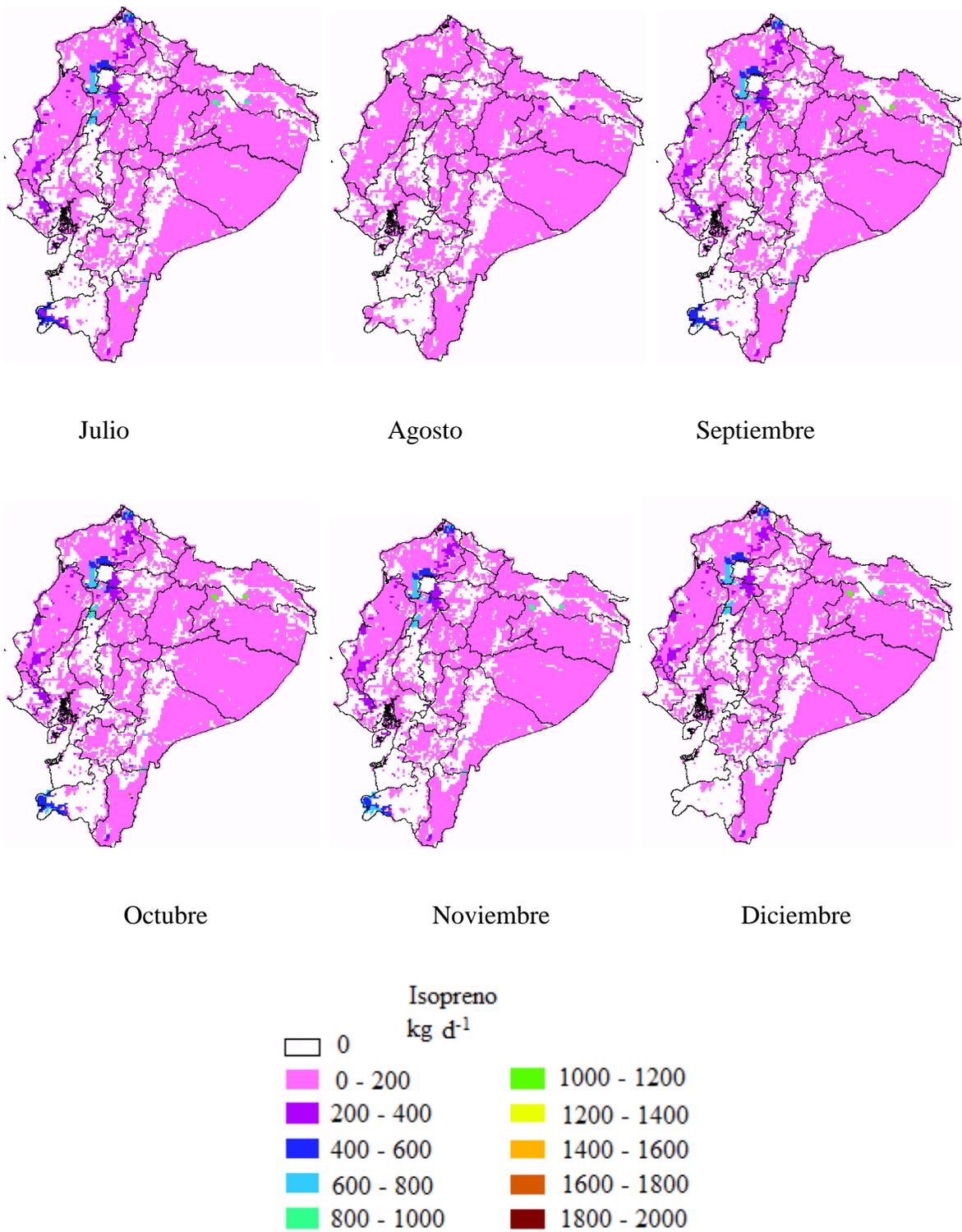


Fig. 5. 7 de las emisiones medias diarias de isopreno de julio a diciembre.

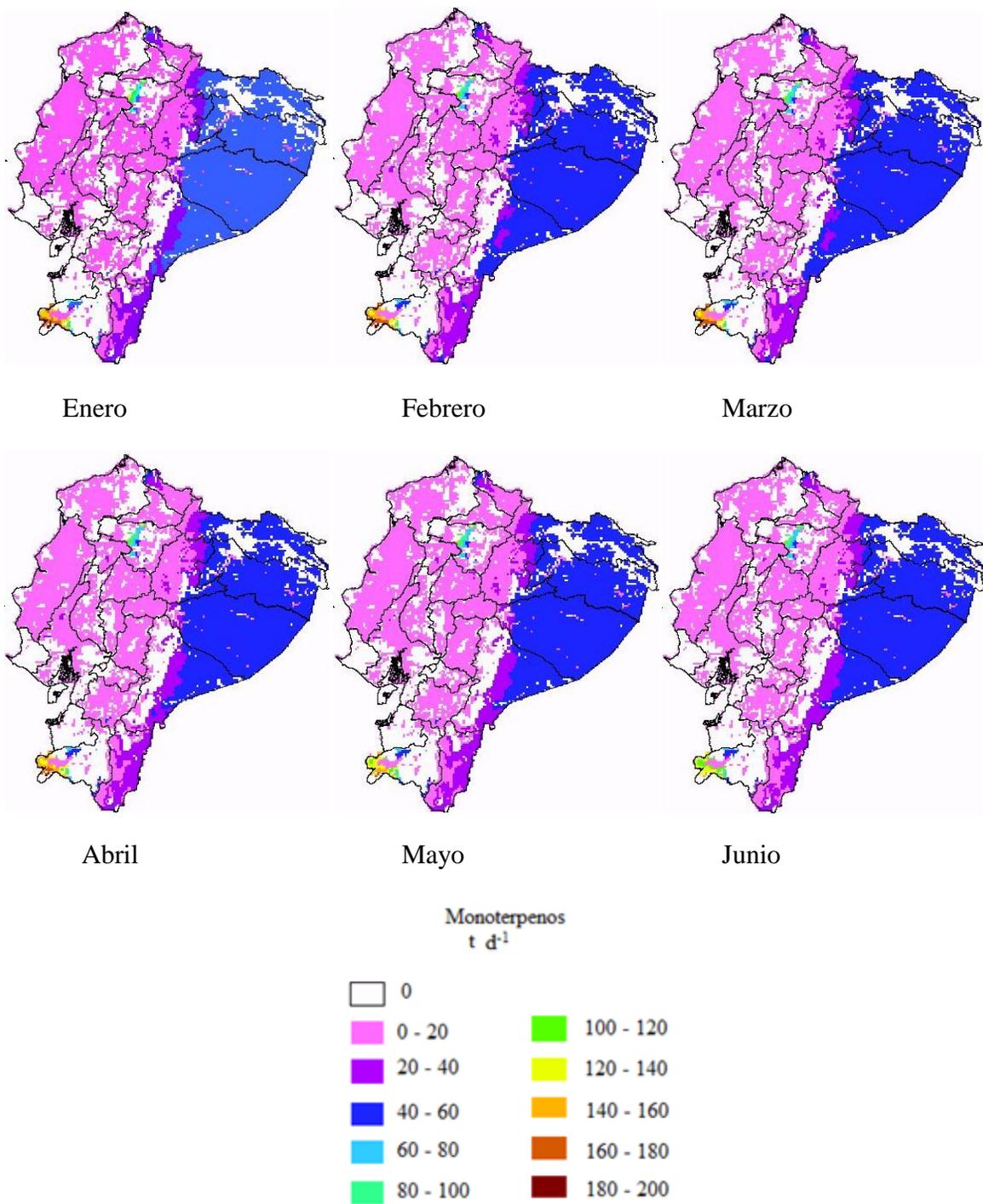


Fig. 5. 8 Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpenos de enero a junio del año 2010.

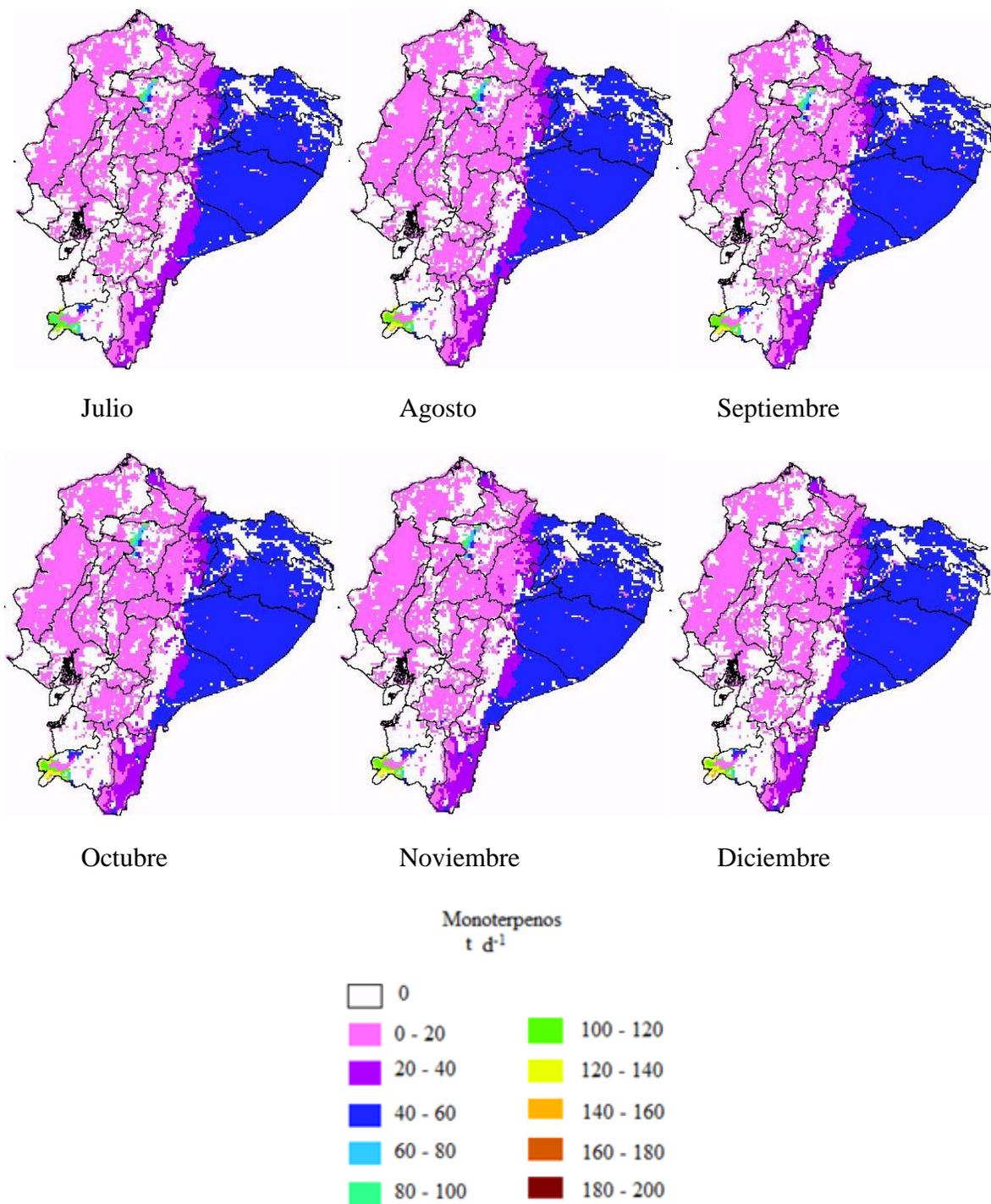


Fig. 5. 9 Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpenos de julio a diciembre del año 2010.

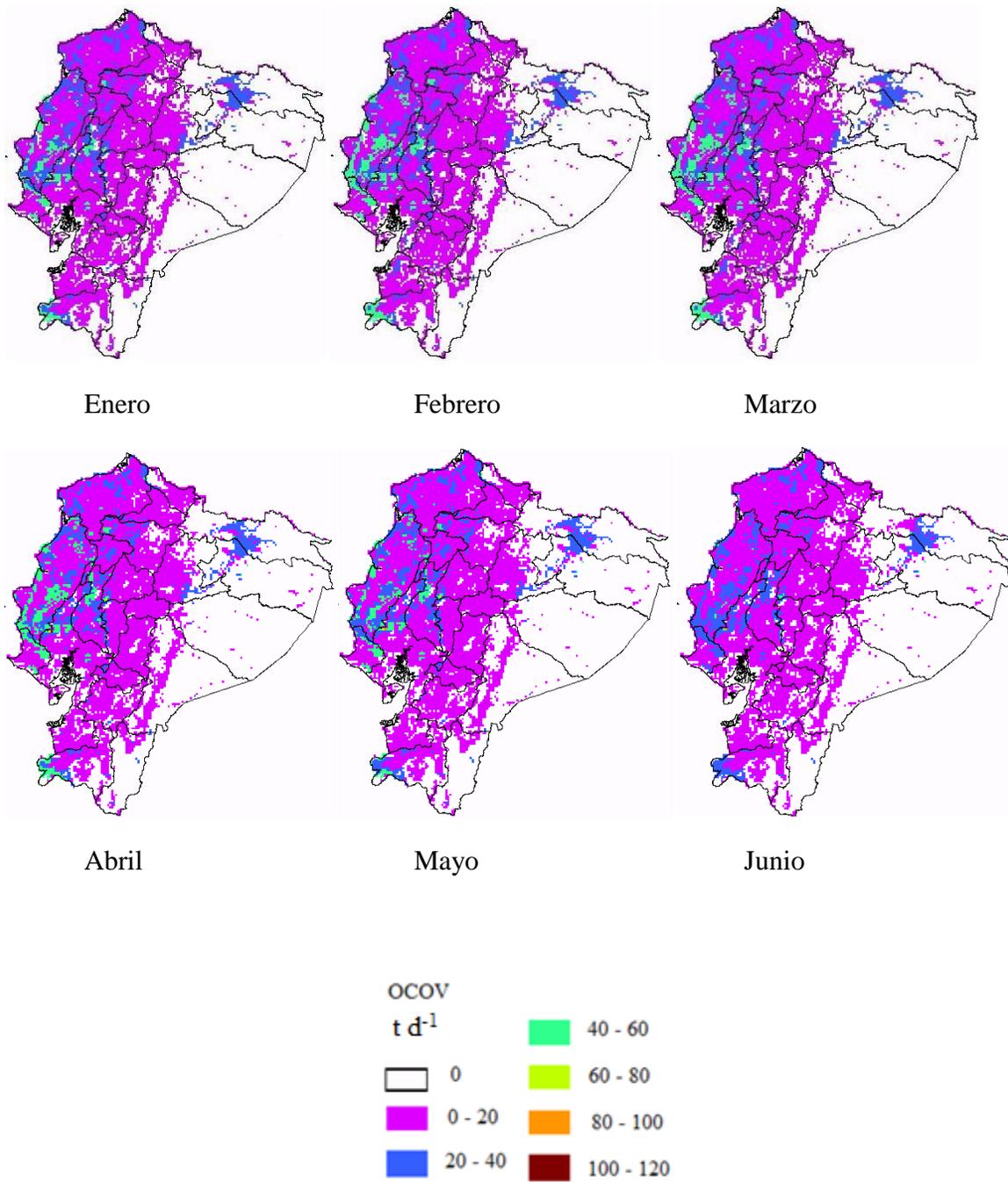


Fig. 5. 10 Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de enero a junio del año 2010.

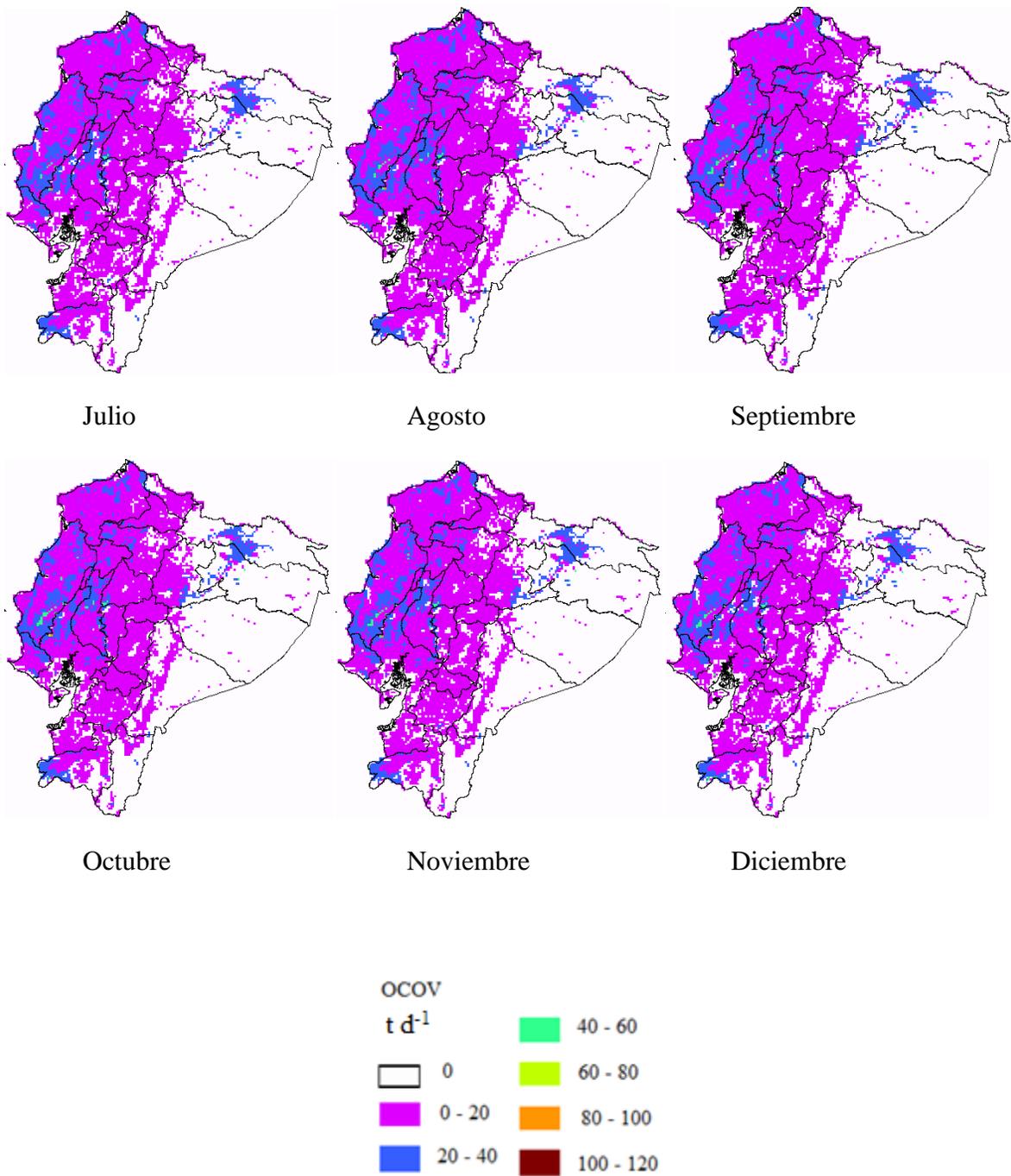


Fig. 5. 11 Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV de julio a diciembre del año 2010.

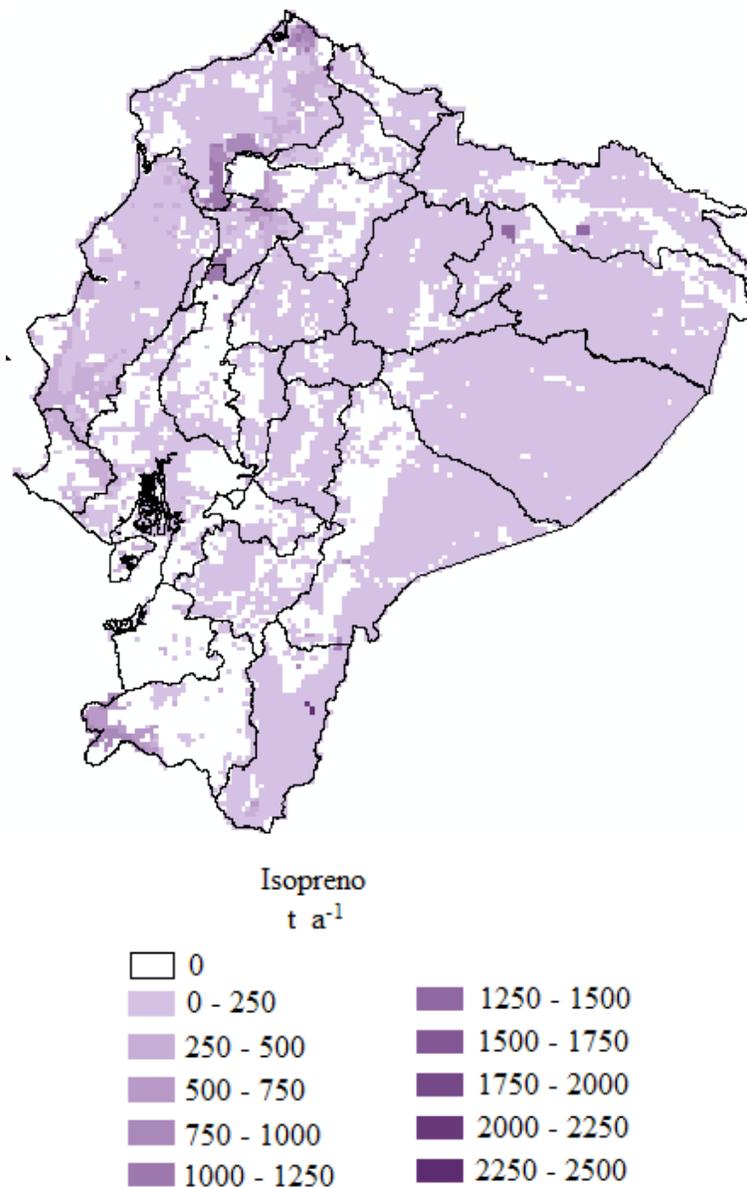


Fig. 5. 12 Distribución de la emisión de isopreno en Ecuador para el 2010.

En la Figura 5.12 se puede observar el mapa de emisiones de isopreno en el Ecuador durante el año 2010, las zonas de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Amazonía presentan emisiones de alrededor 2000 t km⁻² debido a las emisiones de palma africana. En la provincia de Santo Domingo se ve una zona blanca, al lado de los sembríos de palma africana, la cual corresponde a usos de suelo de arboricultura tropical, pasto cultivado y bosque intervenido, los cuales no tienen emisiones de isopreno.

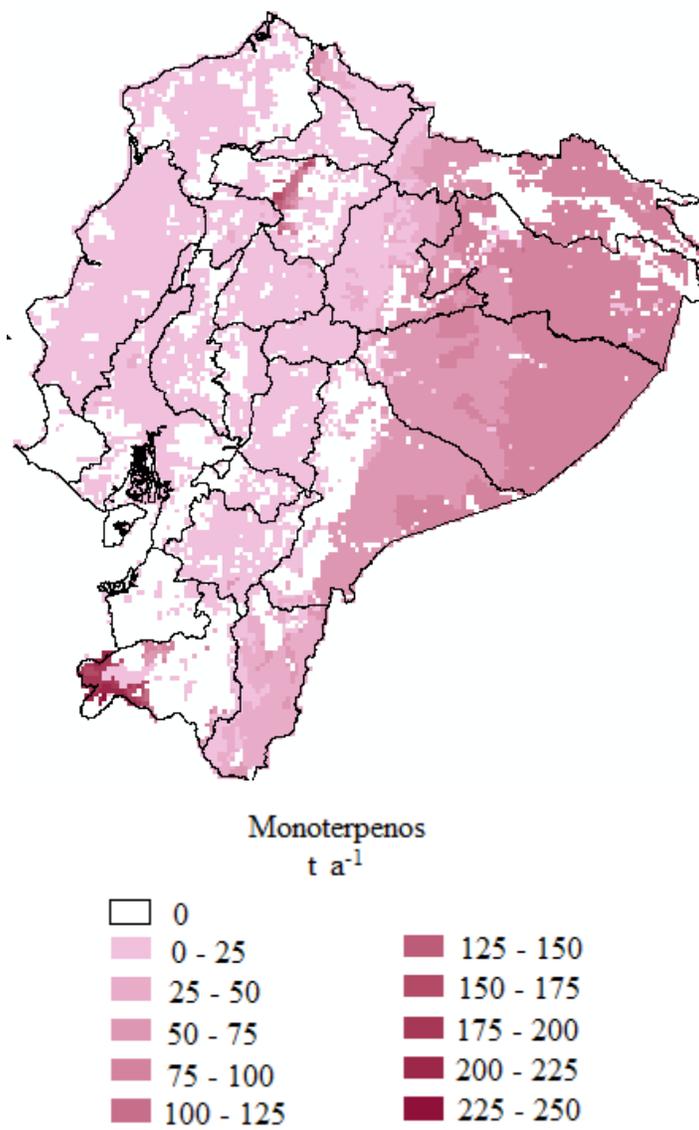


Fig. 5. 13 Distribución de las emisiones de monoterpenos de Ecuador para el año 2010.

En la Figura 5.13 se observa el mapa de las emisiones de monoterpenos de Ecuador. En la región amazónica se observan las mayores emisiones con valores entre 175 y 200 t a⁻¹, que se atribuye al bosque natural y a la influencia directa de la temperatura de la región. En la zona de Loja se observan emisiones de alrededor 200 t km⁻² a⁻¹ los cuales pertenecen al uso de suelo de bosque plantado, siendo la especie emisora representante el eucalipto; y en la región amazónica se debe a las altas temperaturas y la presencia de bosque natural.

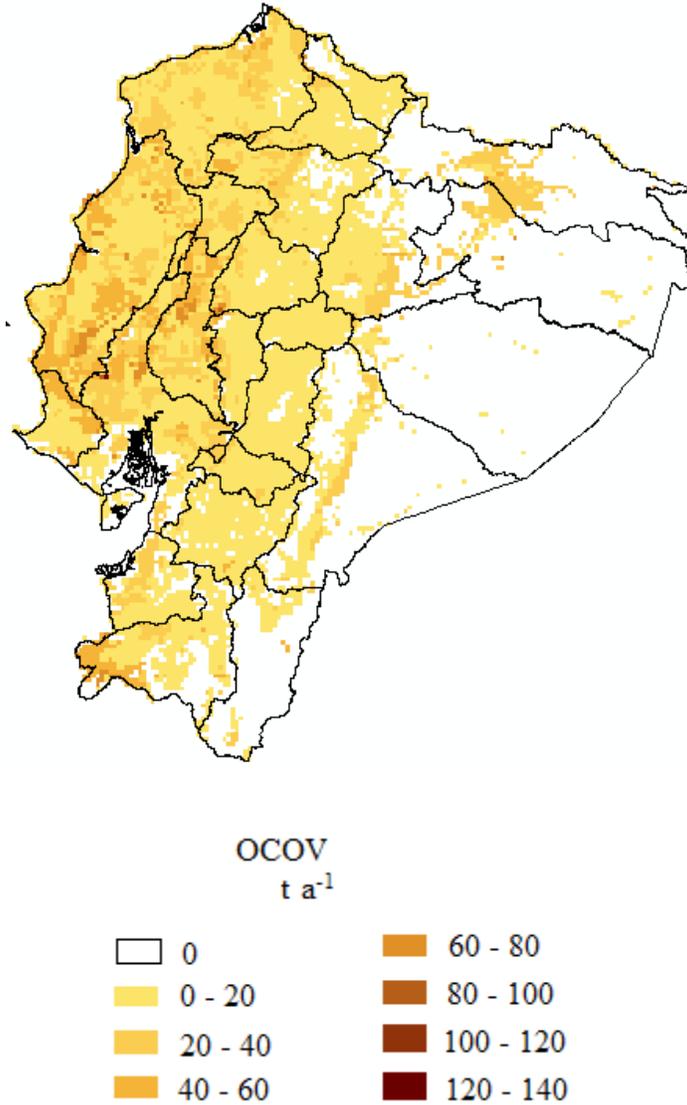


Fig. 5. 14 Distribución de las emisiones de OCOV en Ecuador del año 2010.

La Figura 5.14 indica la distribución de las emisiones de OCOV en Ecuador para el año 2010, en la zona amazónica no se presentan mayores emisiones de estos compuestos, en razón de los bajos factores de emisión asumidos para el bosque natural. Las mayores emisiones se deben directamente a la influencia de la temperatura, ya que el factor de emisión de OCOV es alrededor de $1.5 \mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$.

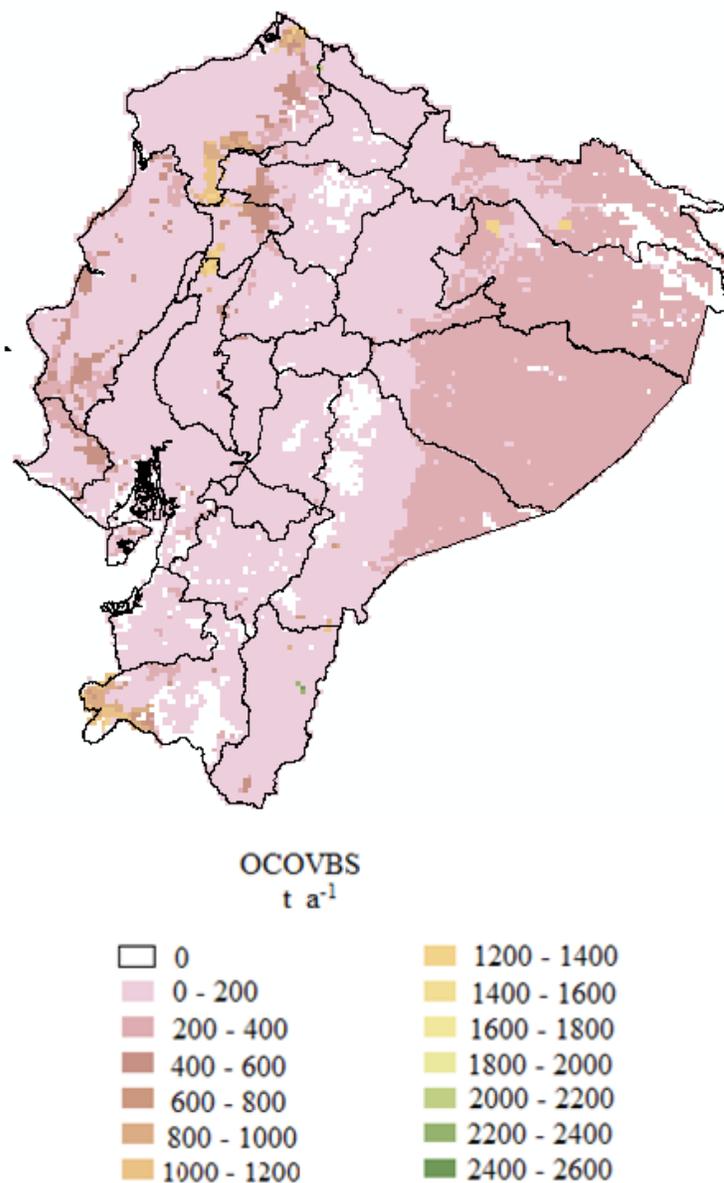


Fig. 5. 15 Distribución de las emisiones totales de compuestos orgánicos volátiles de la vegetación del Ecuador para el año 2010.

La Figura 5.15 muestra la distribución de compuestos orgánicos volátiles totales del Ecuador para el año 2010, mostrando una uniformidad en un valor entre 200 a 400 t a⁻¹. En la región amazónica existen las mayores emisiones de COVBs del Ecuador, debido a sus altas temperaturas y a que el mayor uso de suelo es el bosque natural.

5.3. Análisis de incertidumbre

La diversidad vegetal del Ecuador, la compleja interacción de factores internos y externos, así como otros tipos de biótico y abiótico, son elementos que implican una elevada incertidumbre en la estimación de este tipo de emisiones. Sólo una parte de la compleja red de interacciones es incorporada en el modelo de emisiones. A más de la formulación matemática del modelo, una parte importante de la incertidumbre corresponde también a la variabilidad de los parámetros de cálculo, especialmente de los factores de emisión. Son aún contados los inventarios de emisiones biogénicas de COVs que incluyen una valoración cuantitativa detallada de su incertidumbre. En varios artículos solamente se indican factores asociados con la variación esperada de las emisiones.

Guenther et al (2000) presentan una valoración de las emisiones biogénicas para Norte América, y asocia un factor de 3 como probable medida de la incertidumbre en el ciclo anual, e indica que puede haber mayor incertidumbre en las emisiones de tipo local y en períodos más cortos de tiempo.

Simpson et al. (1995) presentan una valoración de las emisiones biogénicas en Europa, e indican que un factor de 3 constituye un límite mínimo para la incertidumbre de las emisiones totales en el ciclo anual. Indican también que es probable que los factores de incertidumbre sean substancialmente mayores (entre 5 y 10) para el caso de valoraciones episódicas.

Simon et al. (2001) asignan los siguientes factores de incertidumbre a la estimación de las emisiones biogénicas anuales en Francia: 4 para el isopreno, 5 para los monoterpenos, 7 para los OCOVs y 5 para el total de las emisiones biogénicas.

La estimación de las emisiones en el Ecuador, se ve afectada por la carencia de información sobre algunas especies vegetales propias de la zona, que no han sido todavía estudiadas, en relación a su capacidad para emitir COVs.

5.3.1 Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones biogénicas del año 2010.

En combinación con los valores estimados de las emisiones, la evaluación de incertidumbre servirá principalmente para priorizar a futuro el tratamiento de los aspectos que al momento contribuyen de manera significativa con la incertidumbre de la estimación.

Se aplicará un análisis cualitativo y un sistema de calificación de los factores de emisión y de los niveles de actividad, con un enfoque similar al 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 5.2.

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

Tabla 5. 2 Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones.

La calificación global se interpreta de la siguiente manera:

- 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.

La calificación A, para los factores de emisión significa el nivel más alto de fiabilidad, es decir, han sido estructurados en base a un número importante de mediciones que le proporcionan gran fiabilidad. Al otro extremo, la calificación E es la más baja, cuando los factores de emisión por ejemplo han sido establecidos en base a criterios de expertos. Calificaciones intermedias como C o D indican que los factores de emisión provienen de mediciones limitadas o poco representativas.

En la Tabla 5.3 se determina la calificación para los parámetros y factores importantes para los cálculos de emisiones, además de una explicación de la calificación asignada.

Atributo	Calificación	Observación
Temperatura	B	Los datos fueron obtenidos por simulaciones con resultados teóricos correctos.
PAR	B	Establecida indirectamente como el 50% de la radiación total global, que al igual que la temperatura fue obtenida por simulaciones
Densidad de biomasa foliar	C	No existen datos para todas las especies vegetales. Se utilizó de referencia un estudio con alcance regional.
Mapa de usos de suelo	B	Definido por imágenes satelitales, se pierde resolución al trabajar con celdas de 4 km de lado
Promedio	B	
Factores de emisión		
Isopreno	D	Algunas especies vegetales del Ecuador no han sido estudiadas, en relación a su capacidad de emitir COVs. Todos los factores de emisión utilizados fueron tomados de la literatura internacional. No hay estudios nacionales al respecto
Monoterpenos	D	Algunas especies vegetales del Ecuador no han sido estudiadas, en relación a su capacidad de emitir COVs. Todos los factores de emisión utilizados fueron tomados de la literatura internacional. No hay estudios nacionales al respecto
OCOV	E	Este grupo de compuestos han sido en general menos estudiados, ya que son menos reactivos en relación al isopreno y monoterpenos.
Promedio	D	

Tabla 5. 3 Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de COVBs de Ecuador durante el año 2010.

En promedio, combinando la calificación de los atributos de actividad (B), y de los factores de emisión (D), se obtiene una calificación global C.

CAPÍTULO 6

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El estudio de las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles de la vegetación, con alcance nacional, es un tema relativamente nuevo en el Ecuador.

El desarrollo de este inventario de emisiones se apoyó en una búsqueda exhaustiva y actualizada de las especies vegetales del Ecuador.

Si bien la estimación presentada tiene un importante nivel de incertidumbre, aporta con información actualizada y detallada sobre las zonas y de las especies vegetales que contribuyen en mayor porcentaje, con la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

Los resultados del inventario pueden ser utilizados para estudios de impacto ambiental o formar parte de las emisiones de las fuentes consideradas para estudios de dispersión fotoquímica con alcance nacional. Los resultados pueden integrarse en los inventarios de emisiones nacionales, a fin de compararlos con el aporte de fuentes antropogénicas.

Entre los aspectos que pueden ser considerados a futuro para reducir el nivel de incertidumbre se mencionan los siguientes:

- Determinar los factores de emisión de las especies más relevantes que existen en el Ecuador. Hay especies vegetales propias de la zona que no han sido estudiadas. Constituye un tema prioritario de investigación.
- Desarrollar estudios actualizados sobre la densidad del biomasa foliar, con alcance nacional y considerando la variación estacional en el ciclo anual. Una alternativa la ofrecen las imágenes satelitales.

- Afinar el cálculo trabajando con una mayor resolución espacial, por ejemplo 1 km. No obstante, la cantidad de información alfanumérica, para este requerimiento, puede resultar en la necesidad de trabajar entornos de cálculo más eficientes, en relación a la hoja electrónica, que fue utilizada para esta estimación.
- Es recomendable trabajar con mapas de alta resolución espacial y temporal de las variables meteorológicas. Por ello es conveniente generar mapas con modelos similares al WRF, en lo posible, evaluados mediante comparación con registros en estaciones meteorológicas.

Las emisiones totales ascienden a 1855.6 kt a⁻¹, las cuales al isopreno le corresponde 1278.6 kt a⁻¹, 427.6 kt a⁻¹ a los monoterpenos y 149.3 kt a⁻¹ para los otros compuestos orgánicos volátiles. El Sebastián (*Capparis mollis*) es la especie vegetal con un mayor factor de emisión de isopreno (268 µg g⁻¹ h⁻¹), pero con factores de emisión de monoterpenos y OCOV de 0 µg g⁻¹ h⁻¹. El tomate riñón posee el mayor factor de emisión de monoterpenos con un valor 28.2 µg g⁻¹ h⁻¹ y no posee factores de emisiones de los otros compuestos estudiados.

Es importante mencionar que el Ecuador, por encontrarse en el trópico no posee estaciones climáticas determinadas, por esto las emisiones se muestran más o menos homogéneas durante el año.

La legislación citada no menciona control sobre las emisiones de de compuestos orgánicos volátiles de carácter biogénico, antropogénico o industrial. La Unión Europea se ha mostrado interesada en el control de emisiones de COVs, es por esto que se publicó la Directiva 1999/13/CE Del Consejo de 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las

emisiones de compuestos orgánicos volátiles ya que el uso de disolventes orgánicos en ciertas actividades e instalaciones, debido a sus características, da lugar a emisiones de compuestos orgánicos a la atmósfera que pueden ser nocivas para la salud pública y/o contribuye a la formación local y transfronteriza de oxidantes fotoquímicos en la capa límite de la troposfera, que producen perjuicios a recursos naturales de importancia vital para la economía y el medio ambiente y, en ciertas condiciones de exposición, tienen efectos nocivos sobre la salud humana. (Unión Europea, 1999)

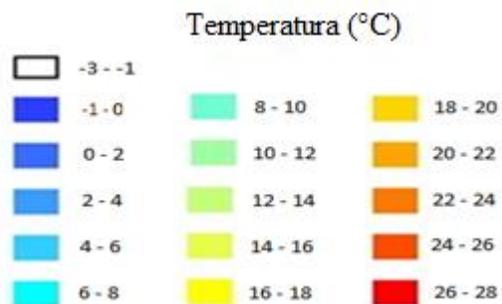
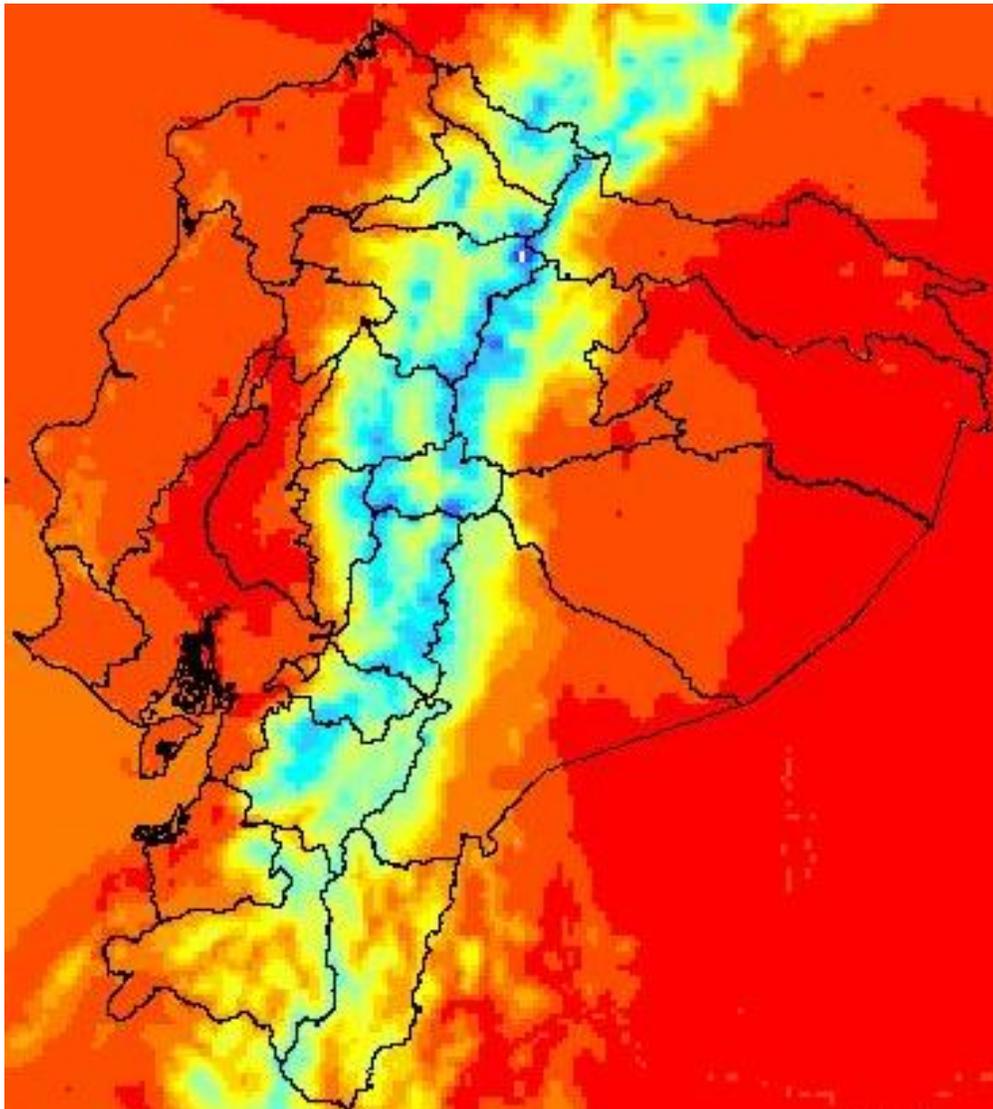
En Ecuador no existen medidas claras de control de COVs industrial, mientras que la Unión Europea ha tomado cartas sobre el asunto desde el año 1999. Con este inventario de emisiones se espera despertar la preocupación y mostrar la importancia de los COVs, dado que como se ha demostrado en el estudio llamado *Contribution of oil palm isoprene emissions to tropospheric ozone levels in Distrito Metropolitano de Quito Ecuador*, los COVs cumplen un papel importante en la formación de ozono a nivel troposférico. Un rango potencial de incremento máximo de las concentraciones de ozono fue de 2.7 a 17.9 $\mu\text{g m}^{-3}$, establecido por un crecimiento proyectado de plantaciones de palma africana. (Parra, 2008).

Para tener control en las emisiones de COVBs se recomienda que para la reforestación se utilicen especies propias del lugar, dado que están adaptadas al clima y condiciones del lugar; también realizar cultivos de especies que no tengan factores altos de emisiones de COVs y proveerles las condiciones necesarias, sean de luz, agua y aire para que no se vean en necesidad de producir COVs como respuesta. En vista de que la temperatura es un factor importante para que se den las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de la vegetación deberíamos tomar en cuenta que especies con altos factores de emisión se encuentren en lugares con bajas temperaturas. Como se menciona en este documento, la palma africana es

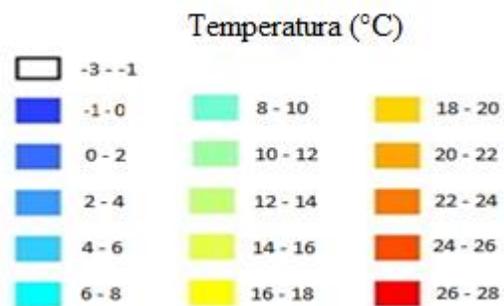
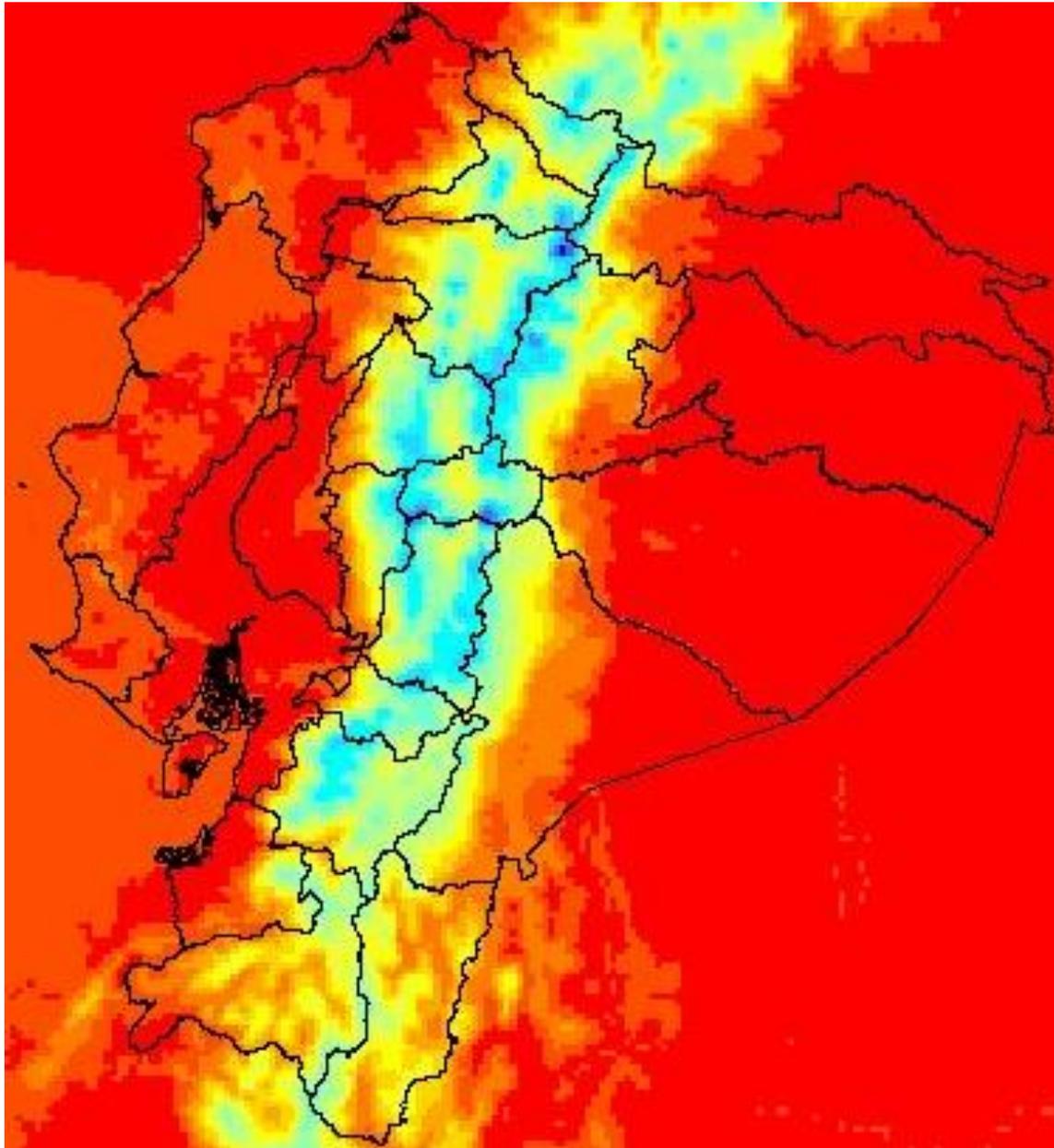
una especie que se ha venido cultivando en los últimos años, la cual produce una gran cantidad de emisiones de isopreno, deben disminuirse o controlarse su cultivo, a pesar de que es una gran fuente de ingresos y representa un excelente negocio, debemos pensar en el daño que se causa tanto al ambiente como a la salud humana.

ANEXO A

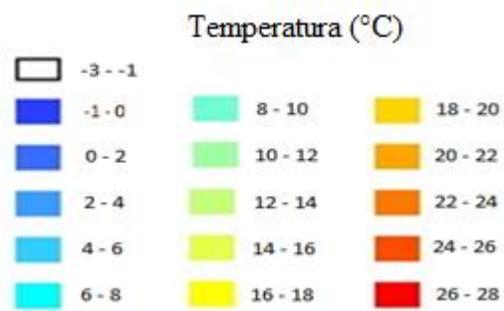
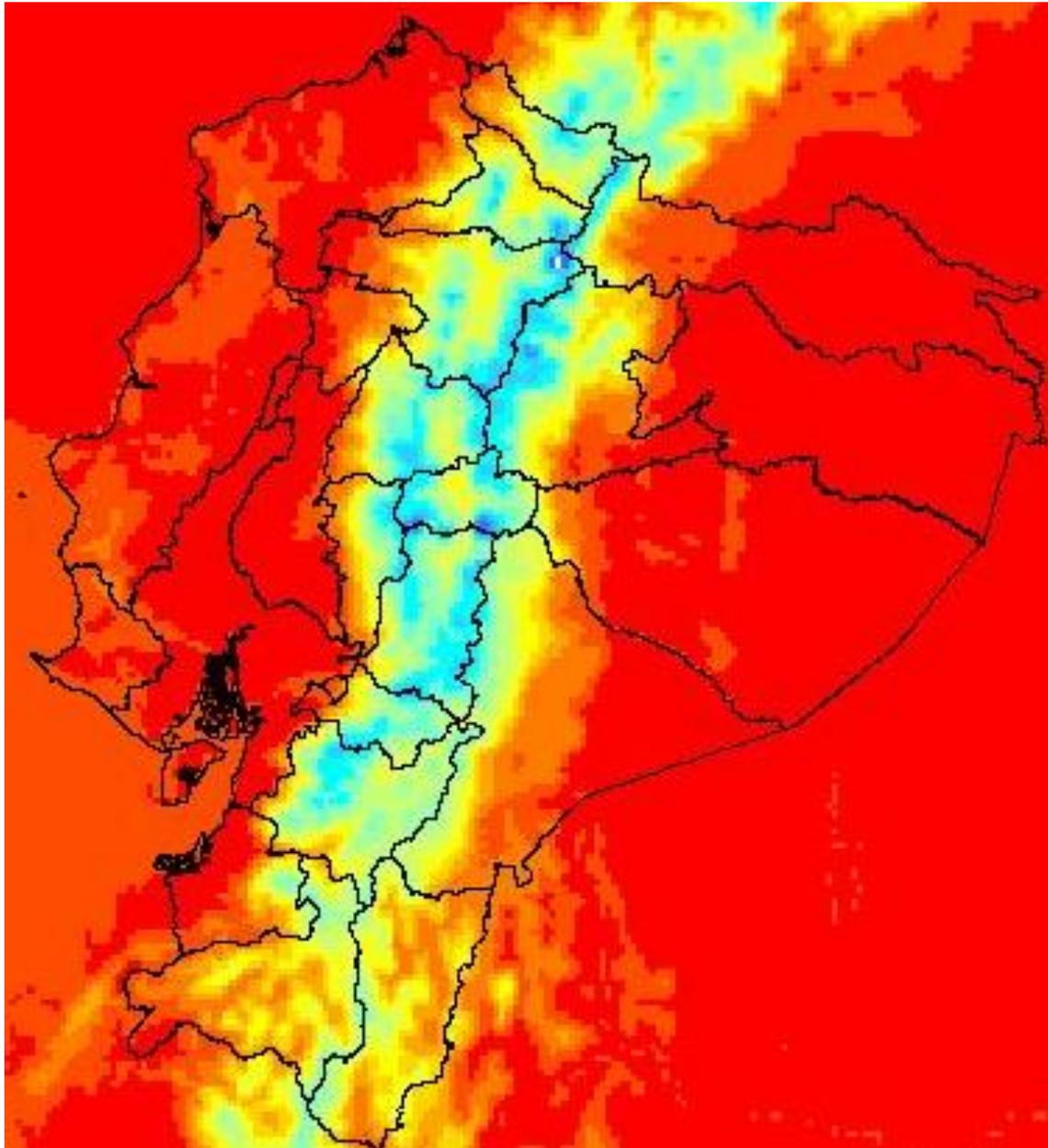
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Enero del 2010.



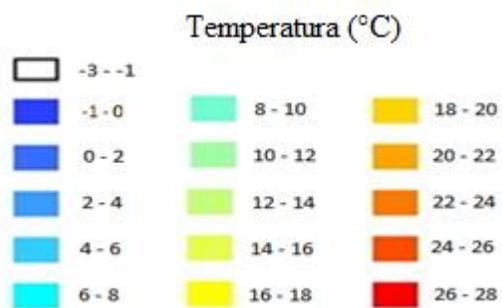
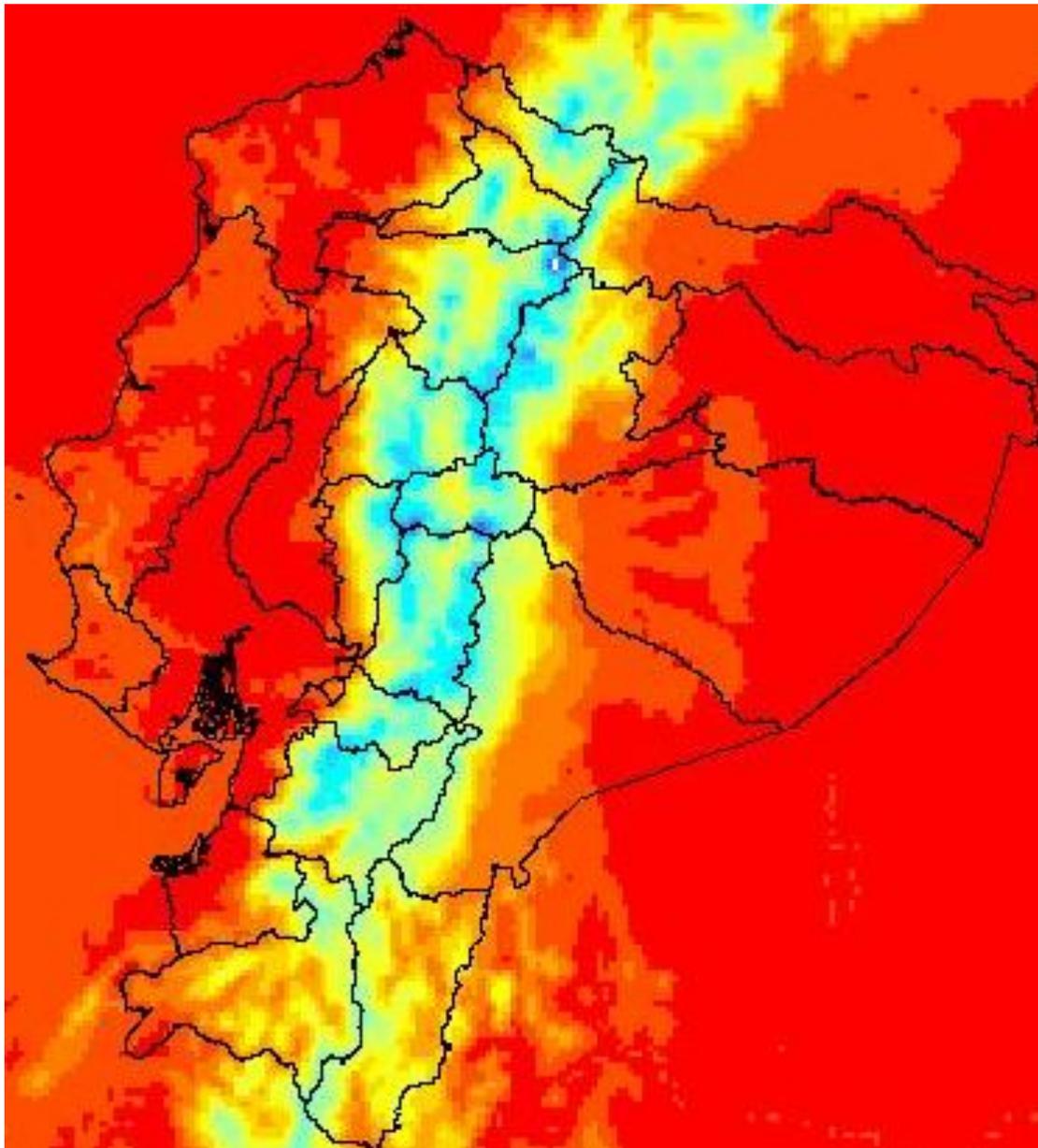
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Febrero del 2010.



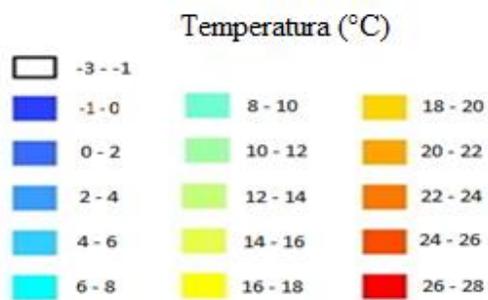
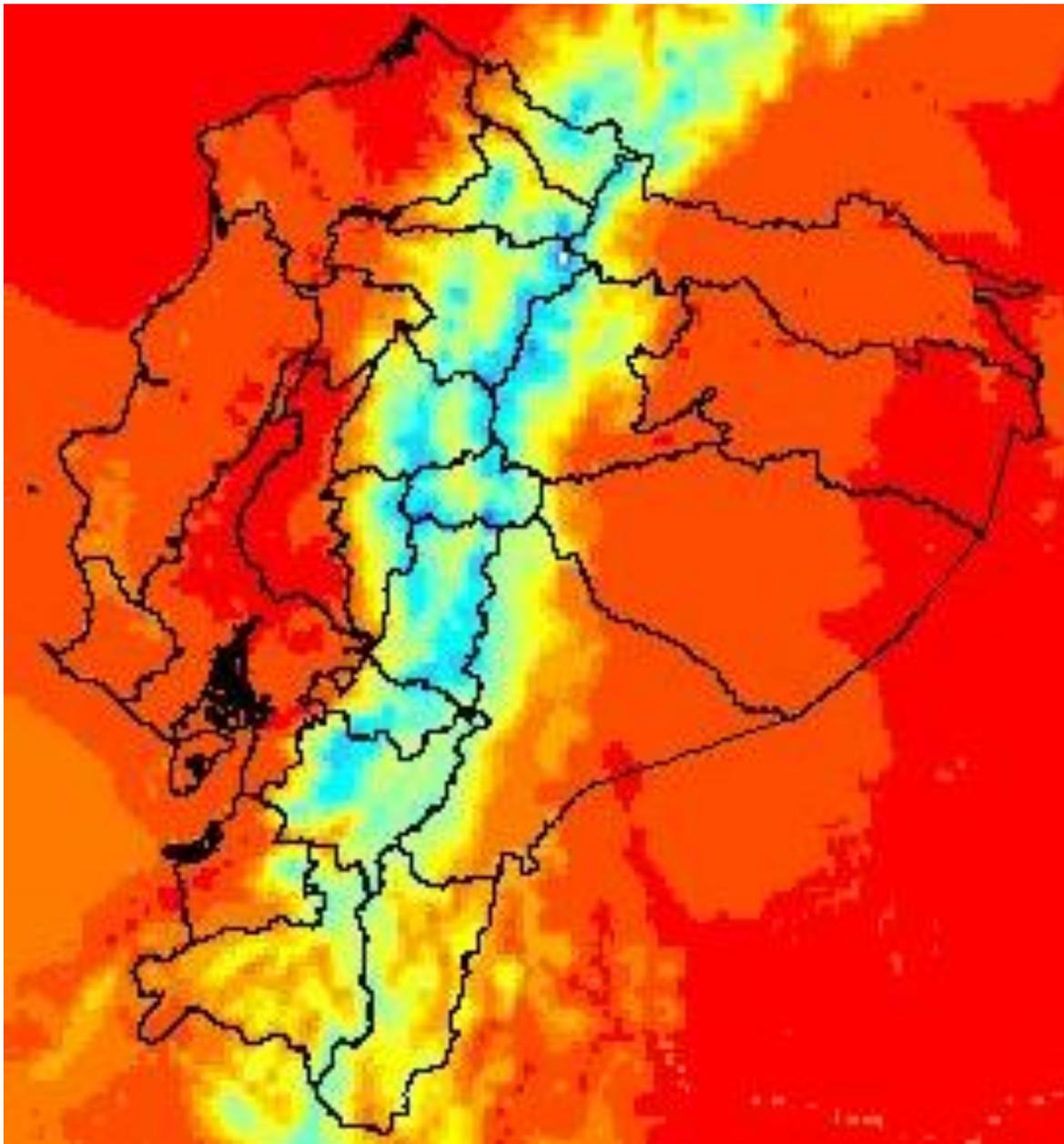
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Marzo del 2010.



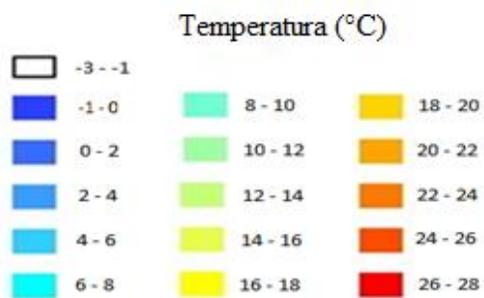
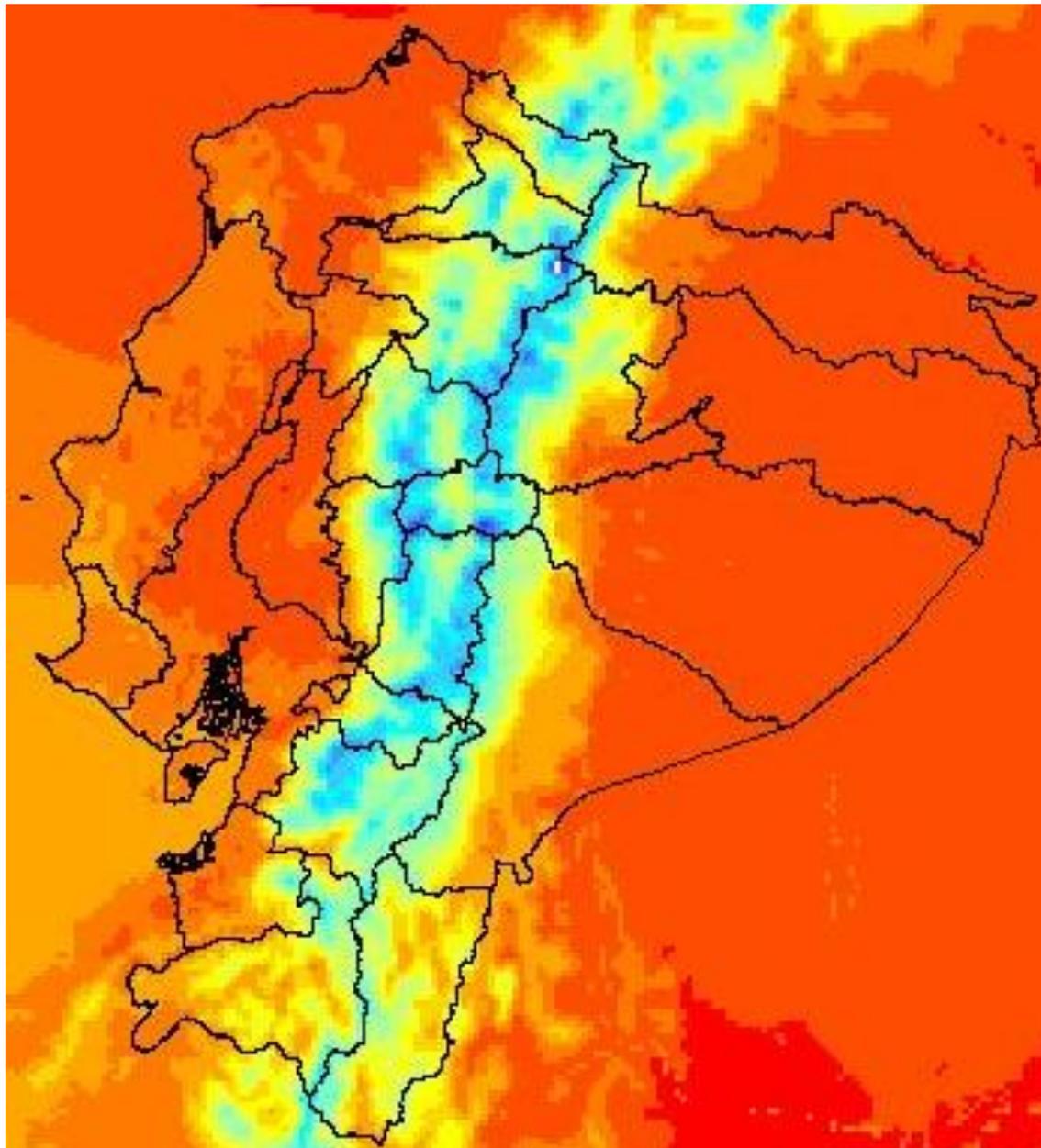
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Abril del 2010.



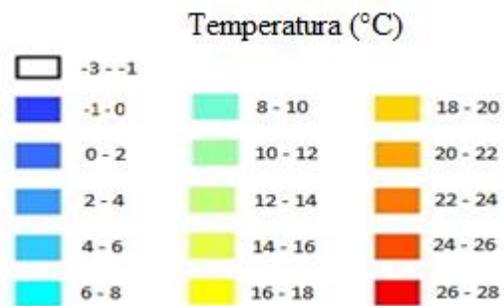
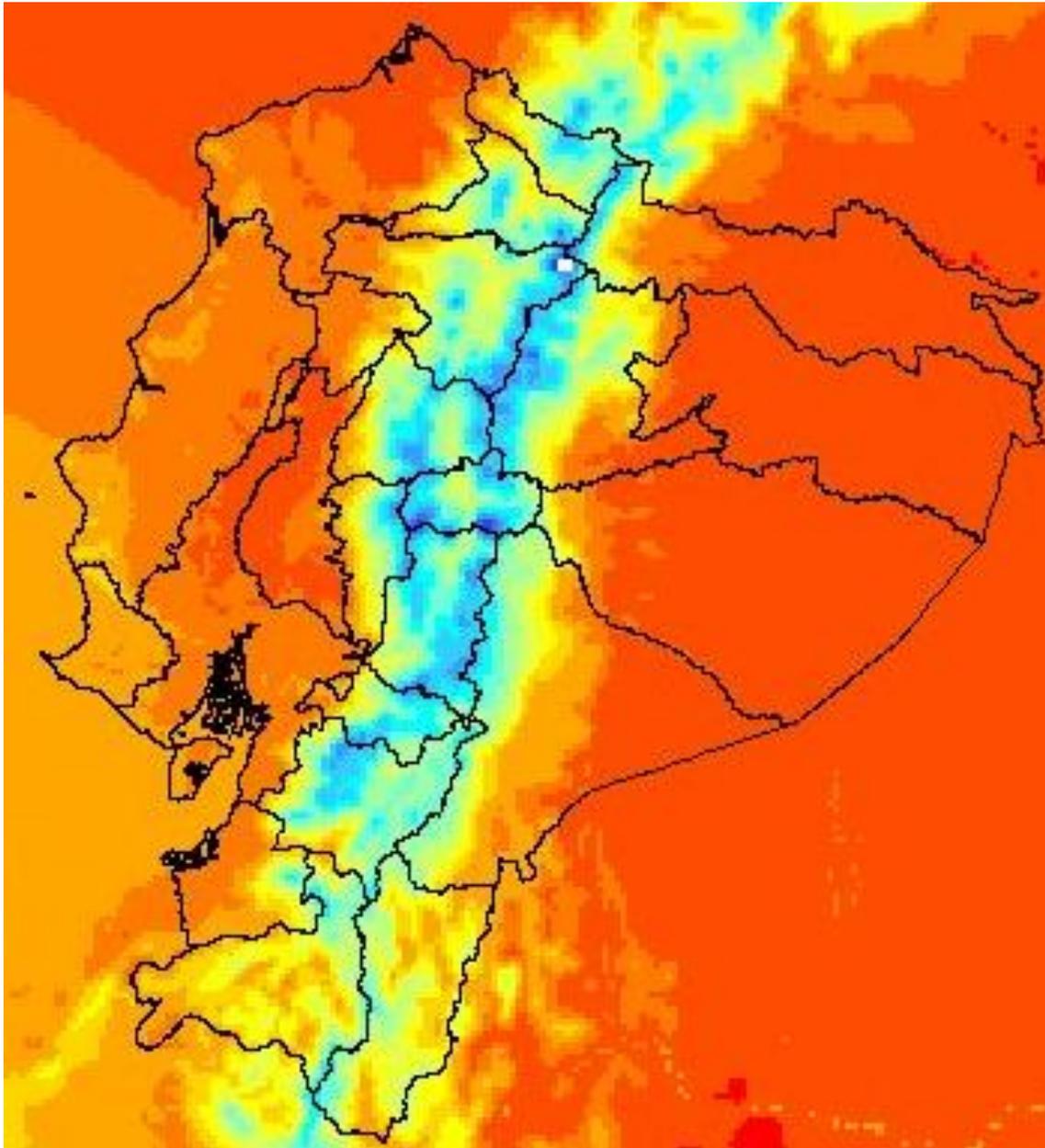
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Mayo del 2010.



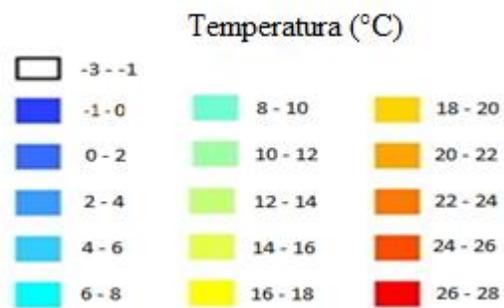
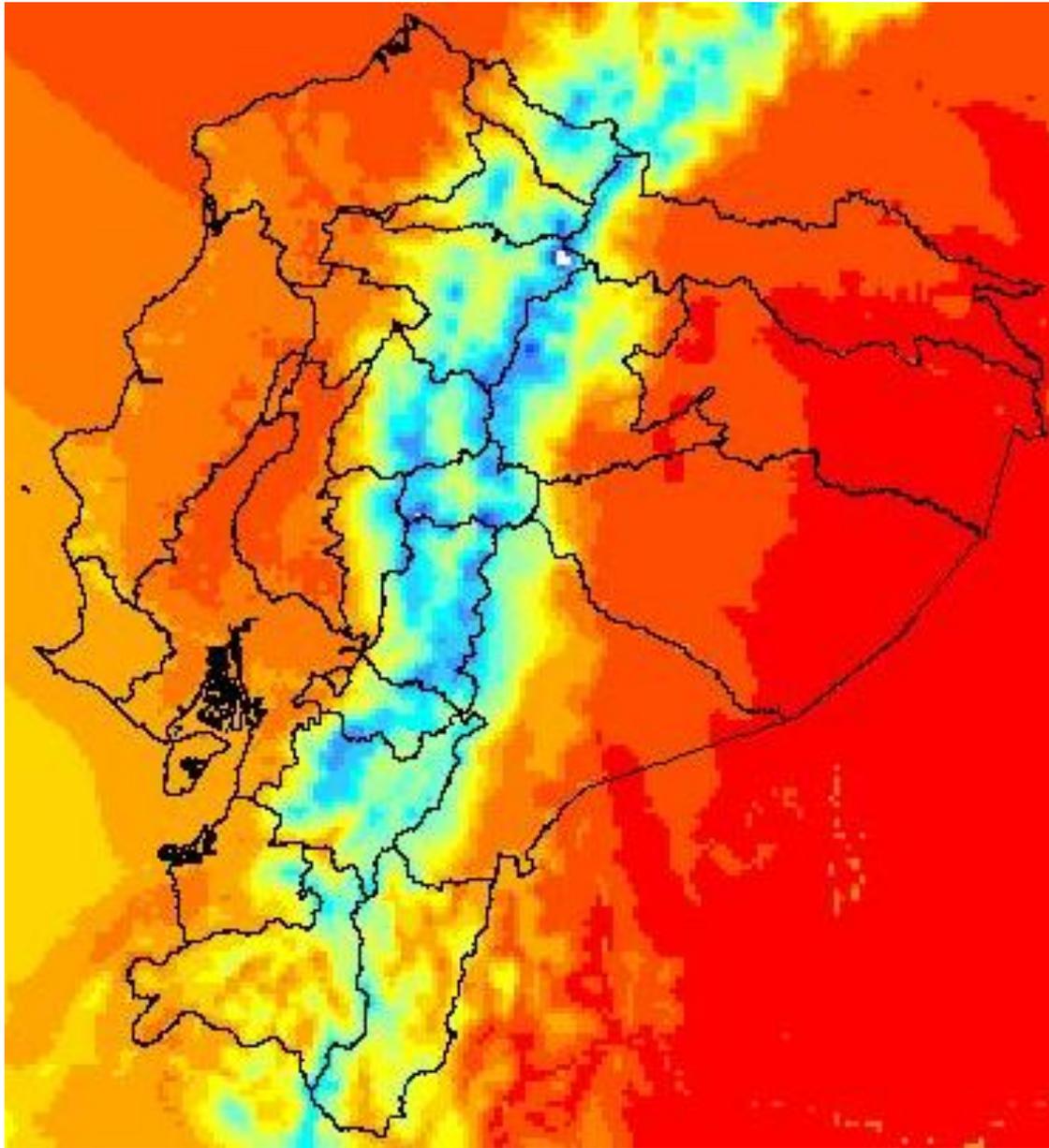
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Junio del 2010.



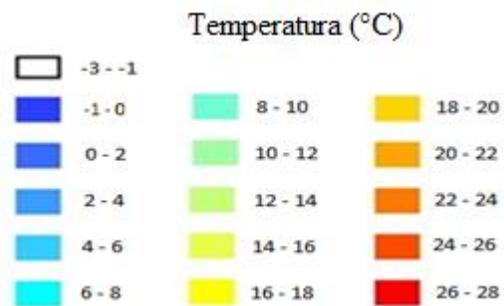
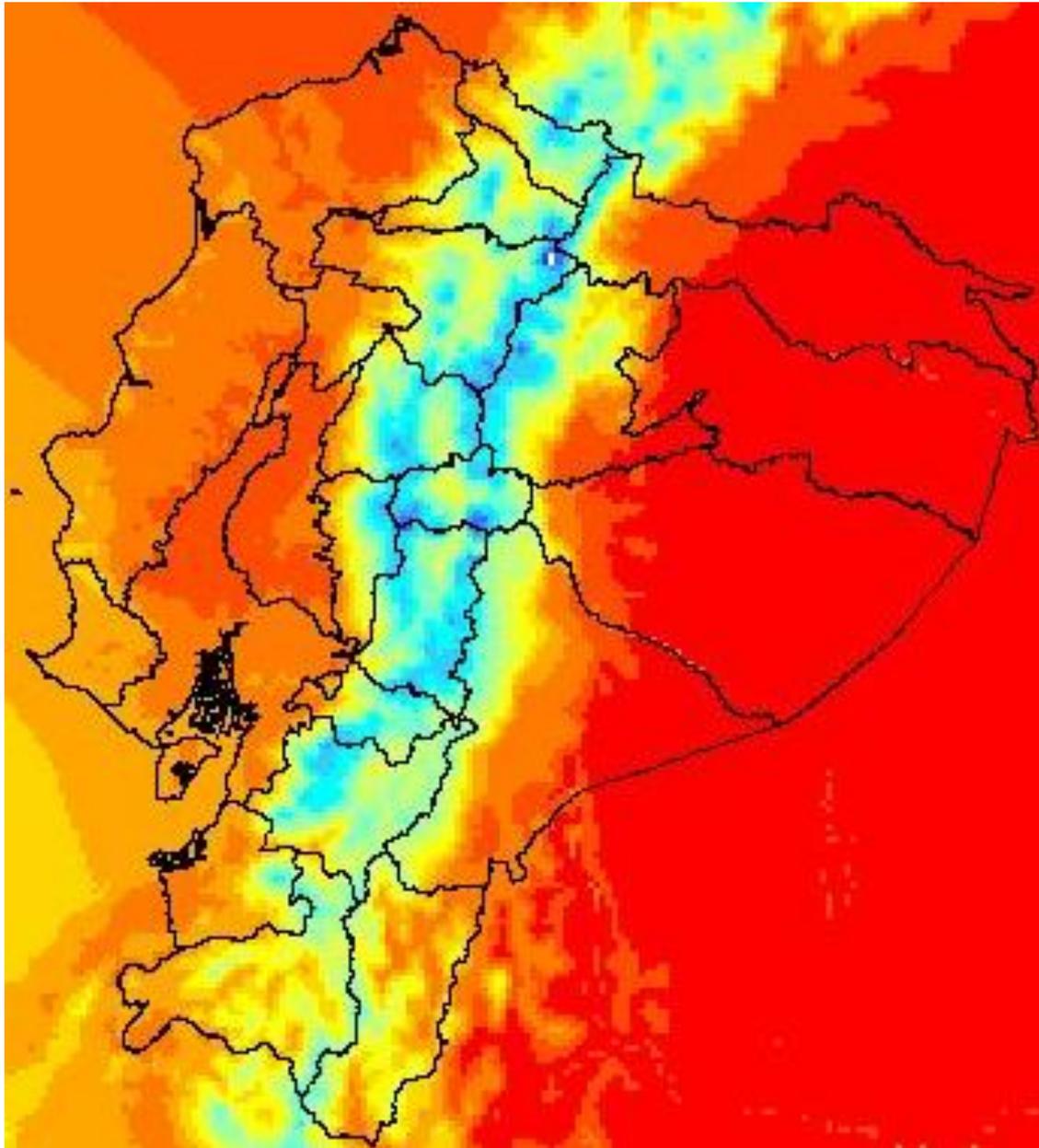
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Julio del 2010.



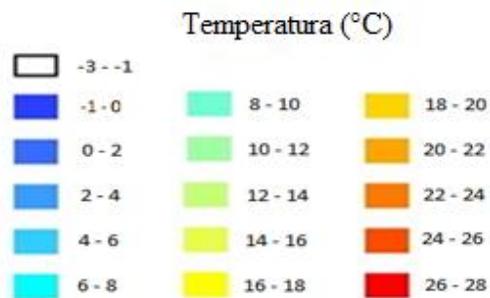
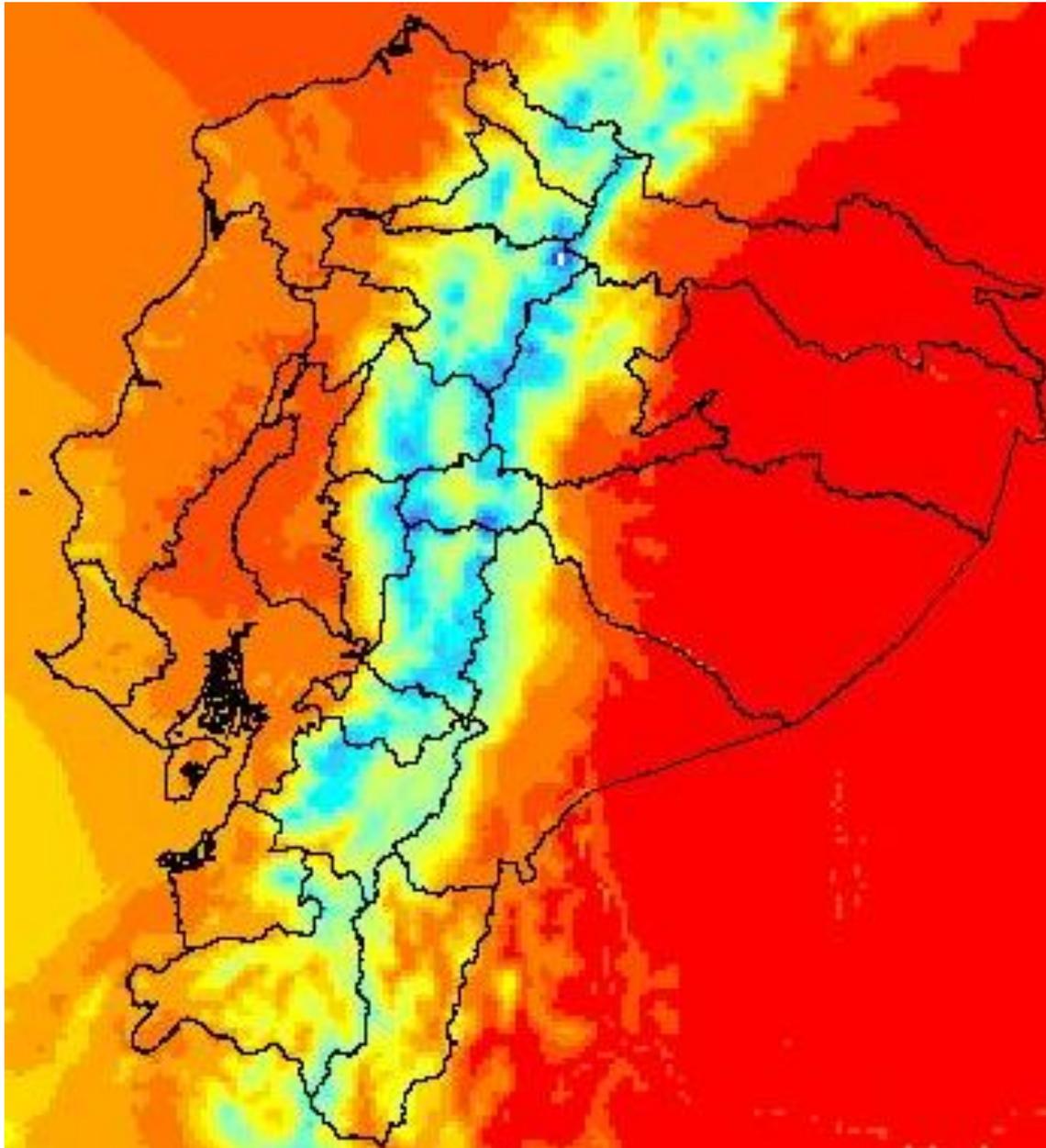
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Agosto del 2010.



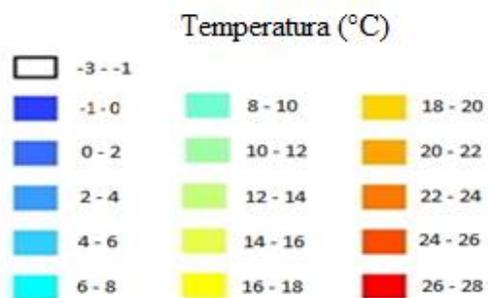
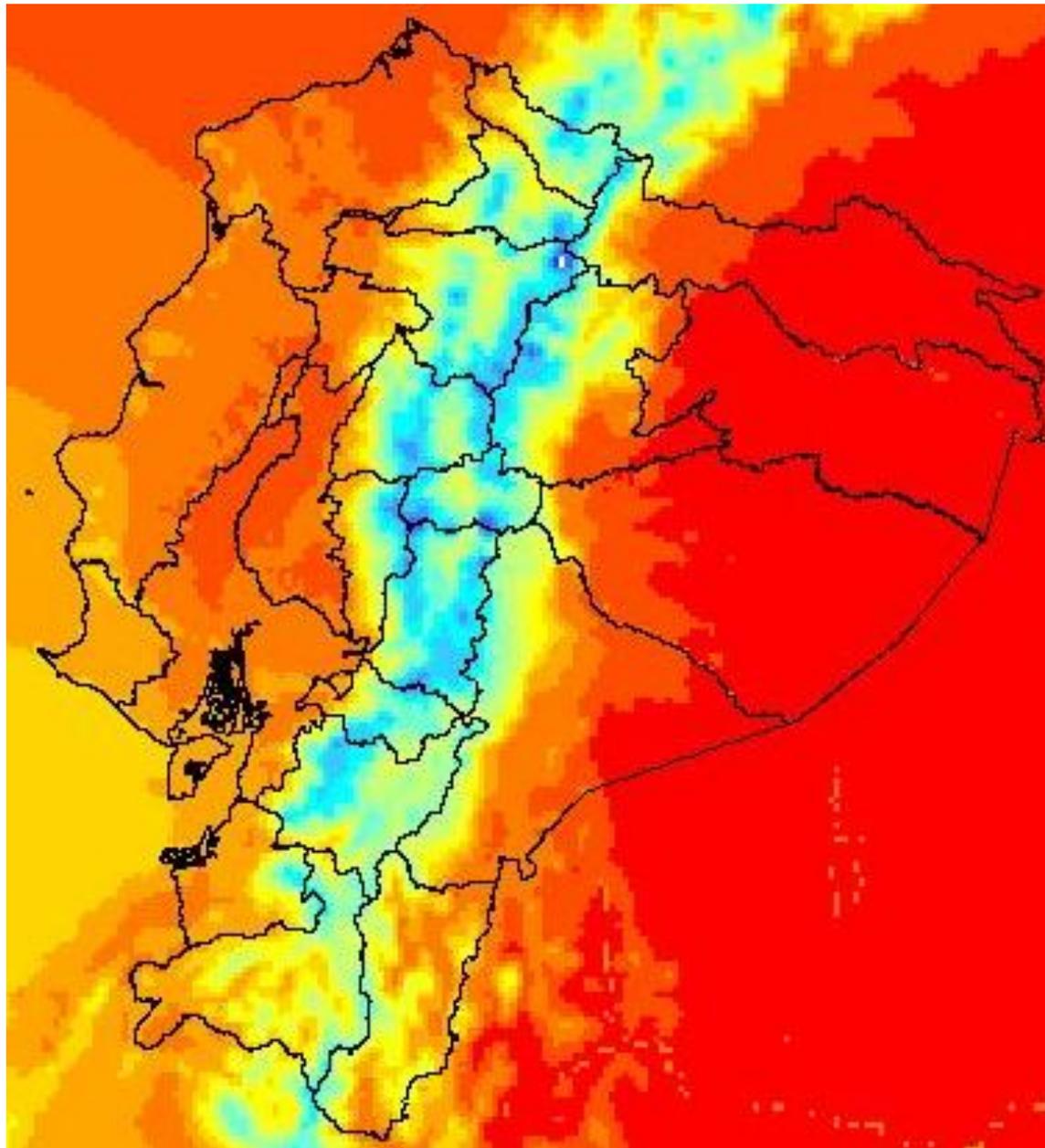
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Septiembre del 2010.



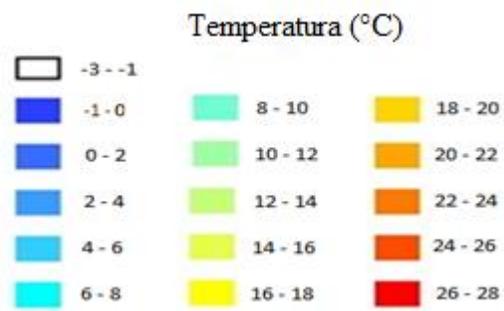
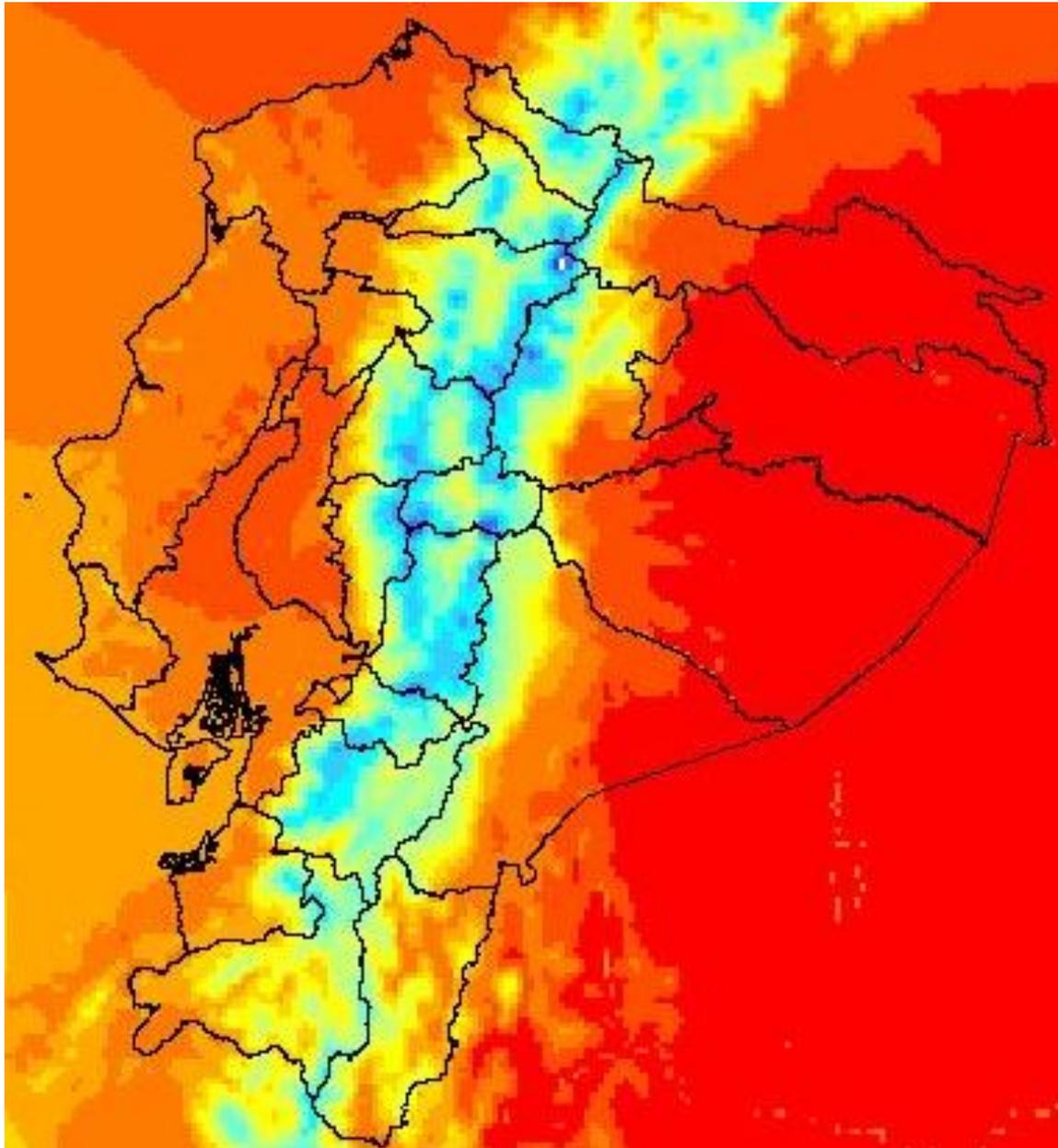
Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Octubre del 2010.



Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Noviembre del 2010.

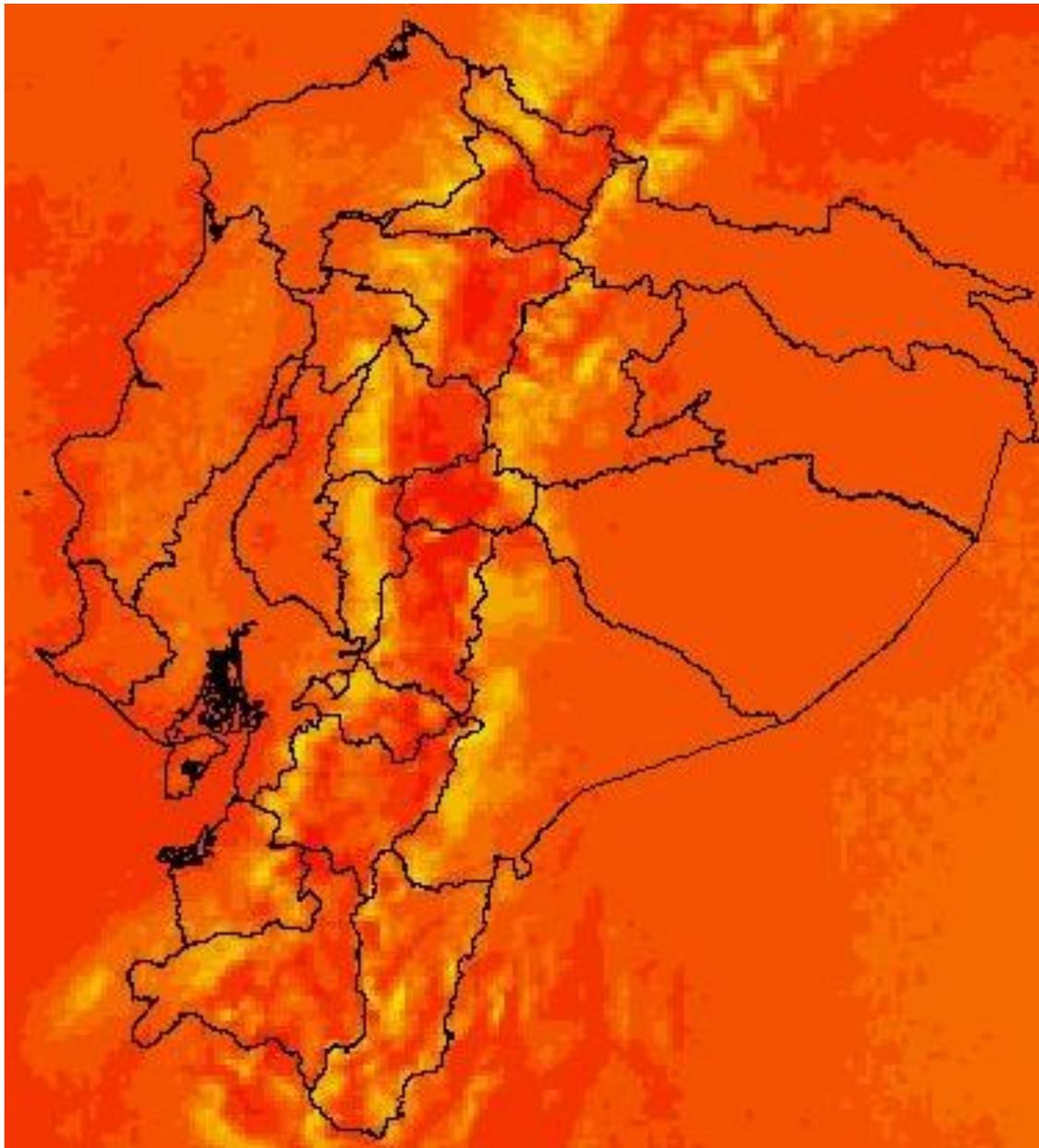


Mapa de la temperatura de un día promedio en superficie del Ecuador de Diciembre del 2010.



ANEXO 2

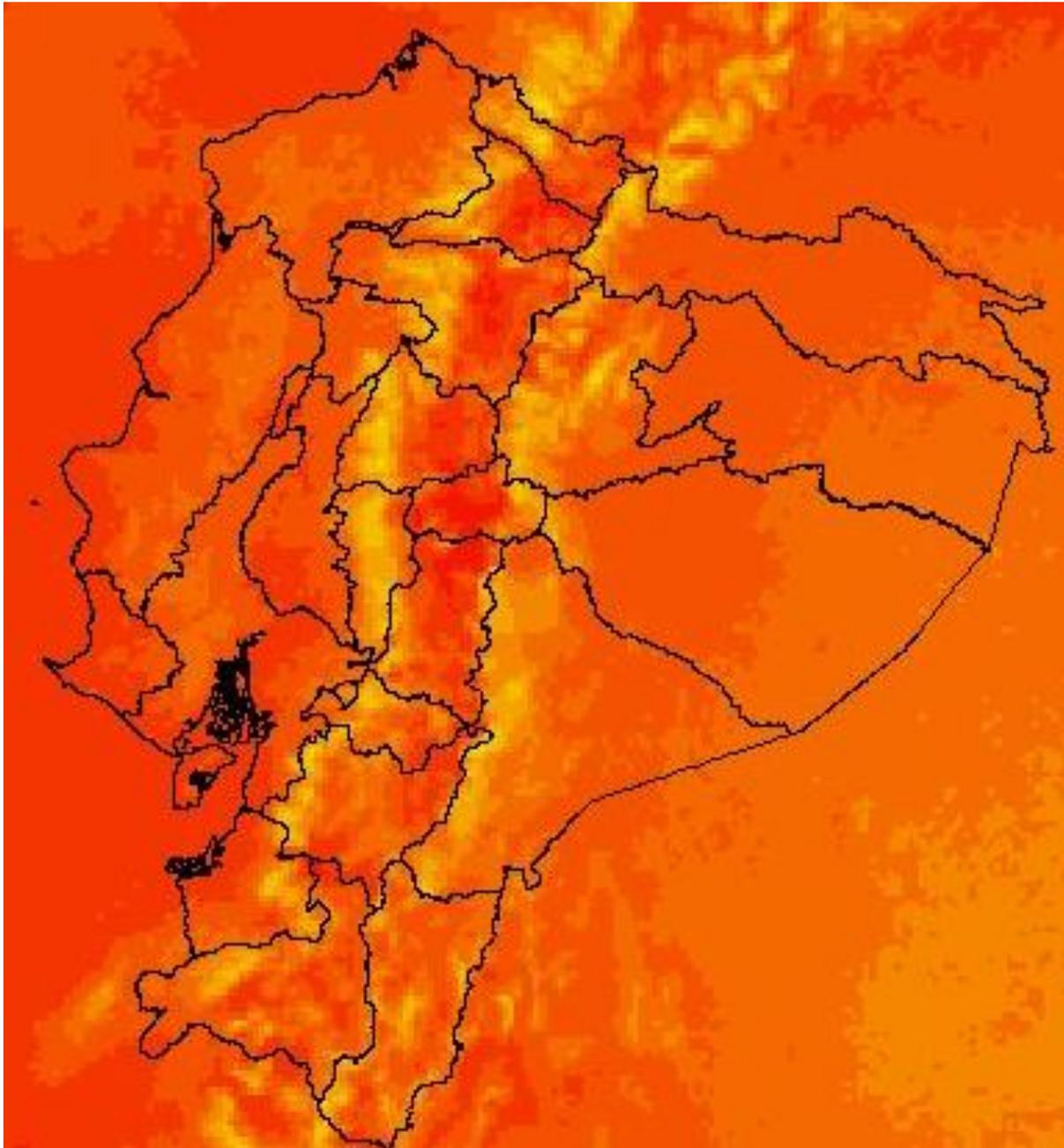
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Enero del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

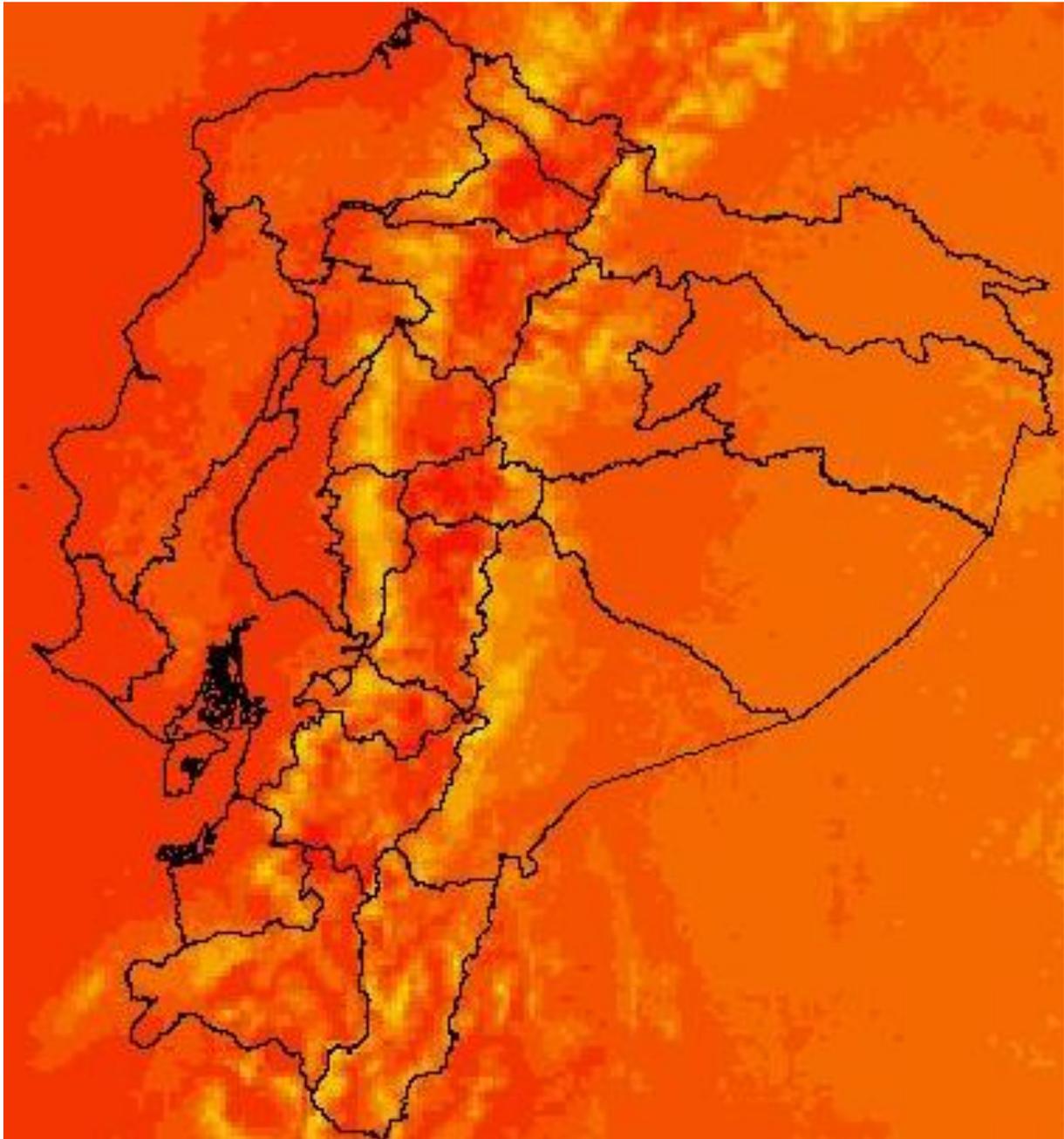
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Febrero del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

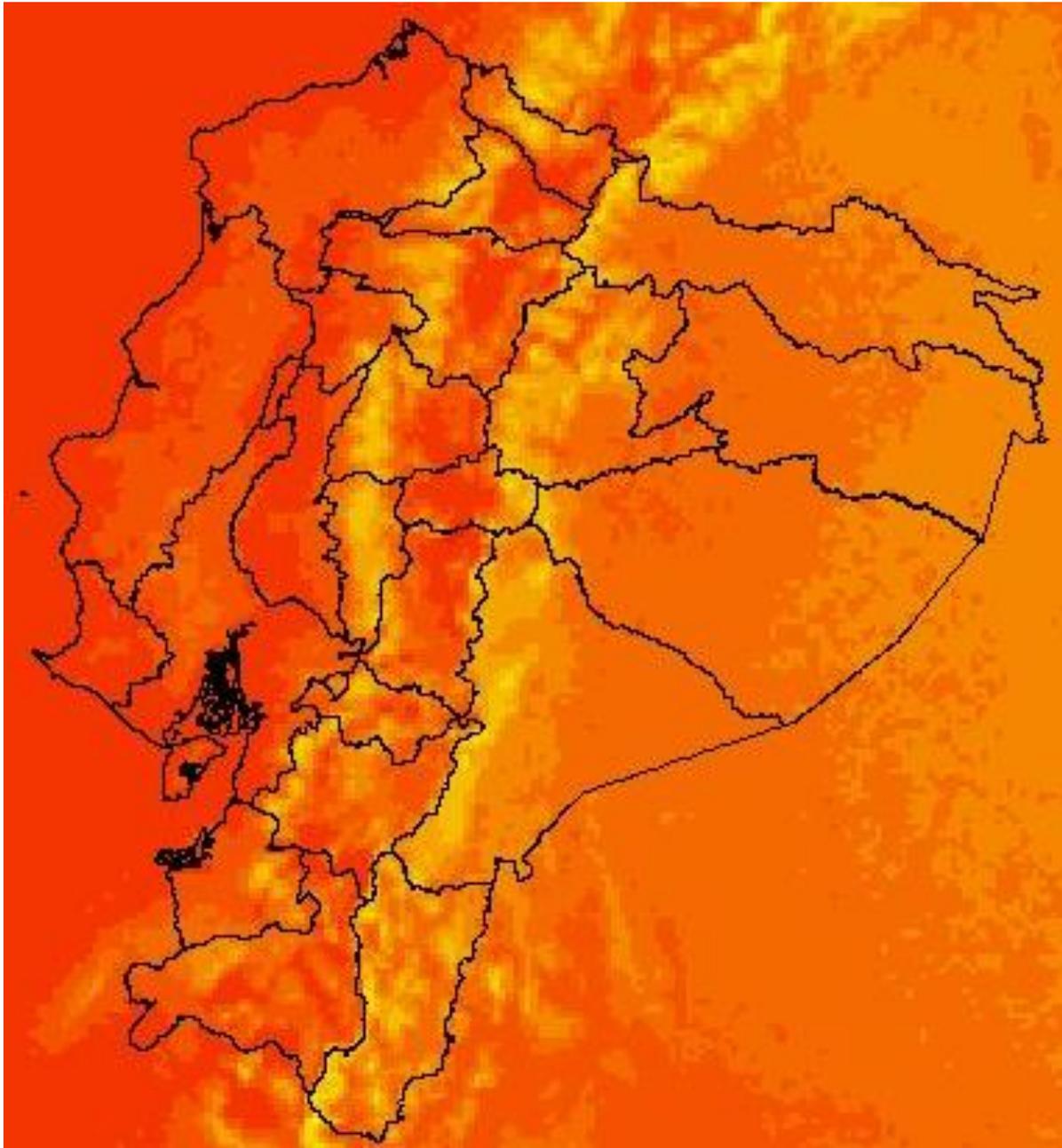
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Marzo del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

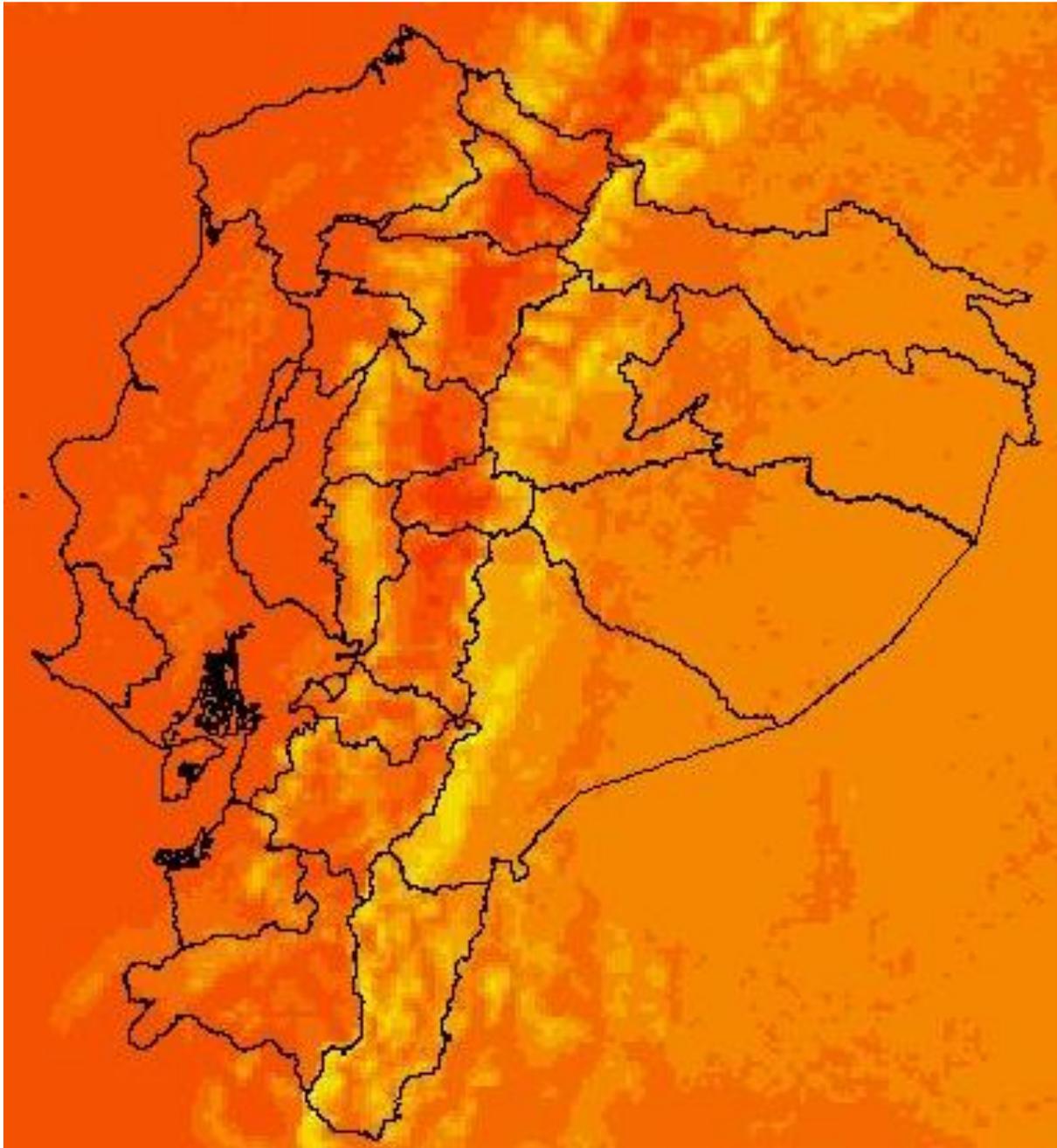
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Abril del 2010.



Radiación (W m^{-2})

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

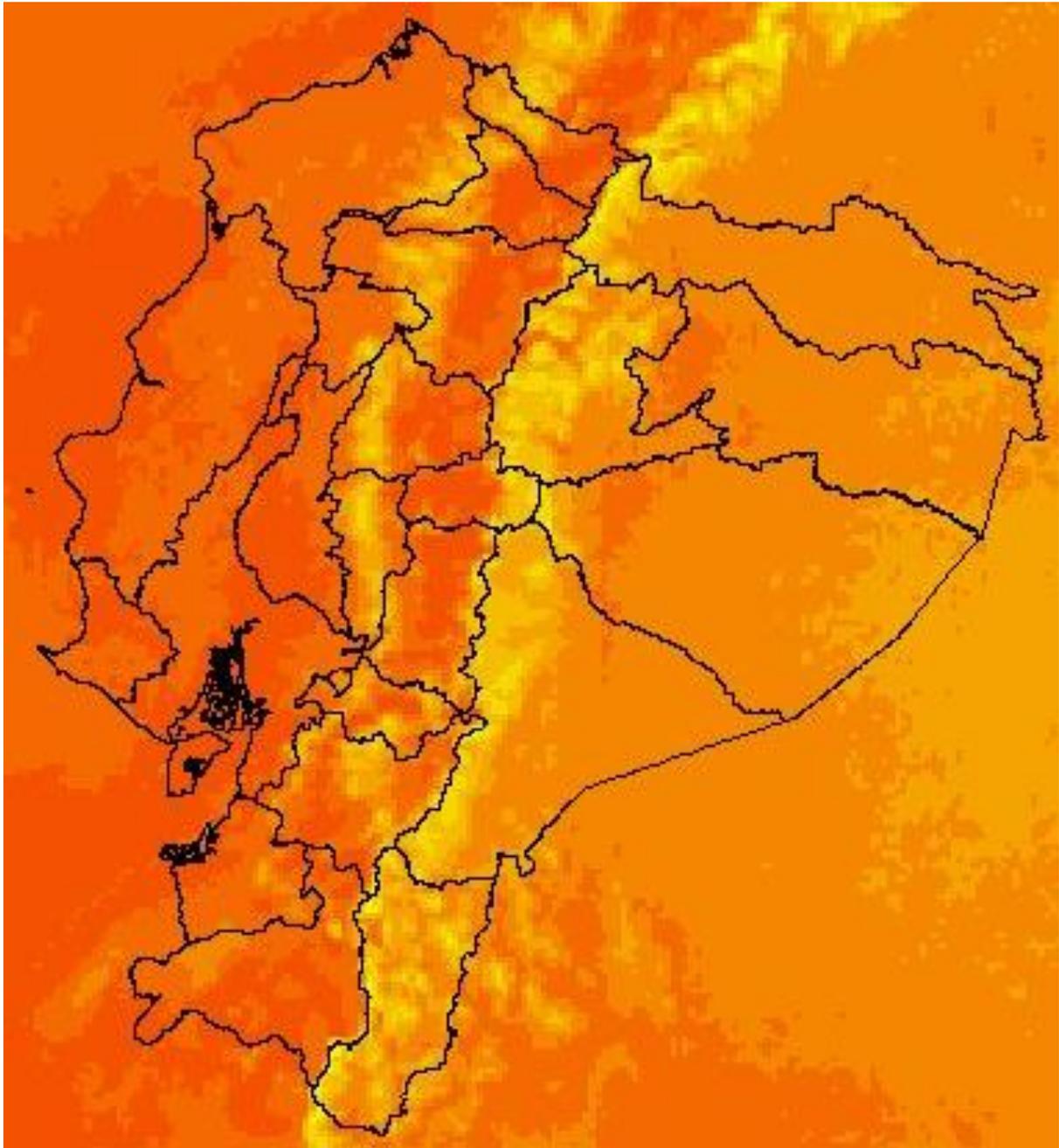
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Mayo del 2010.



Radiación (W m^{-2})

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

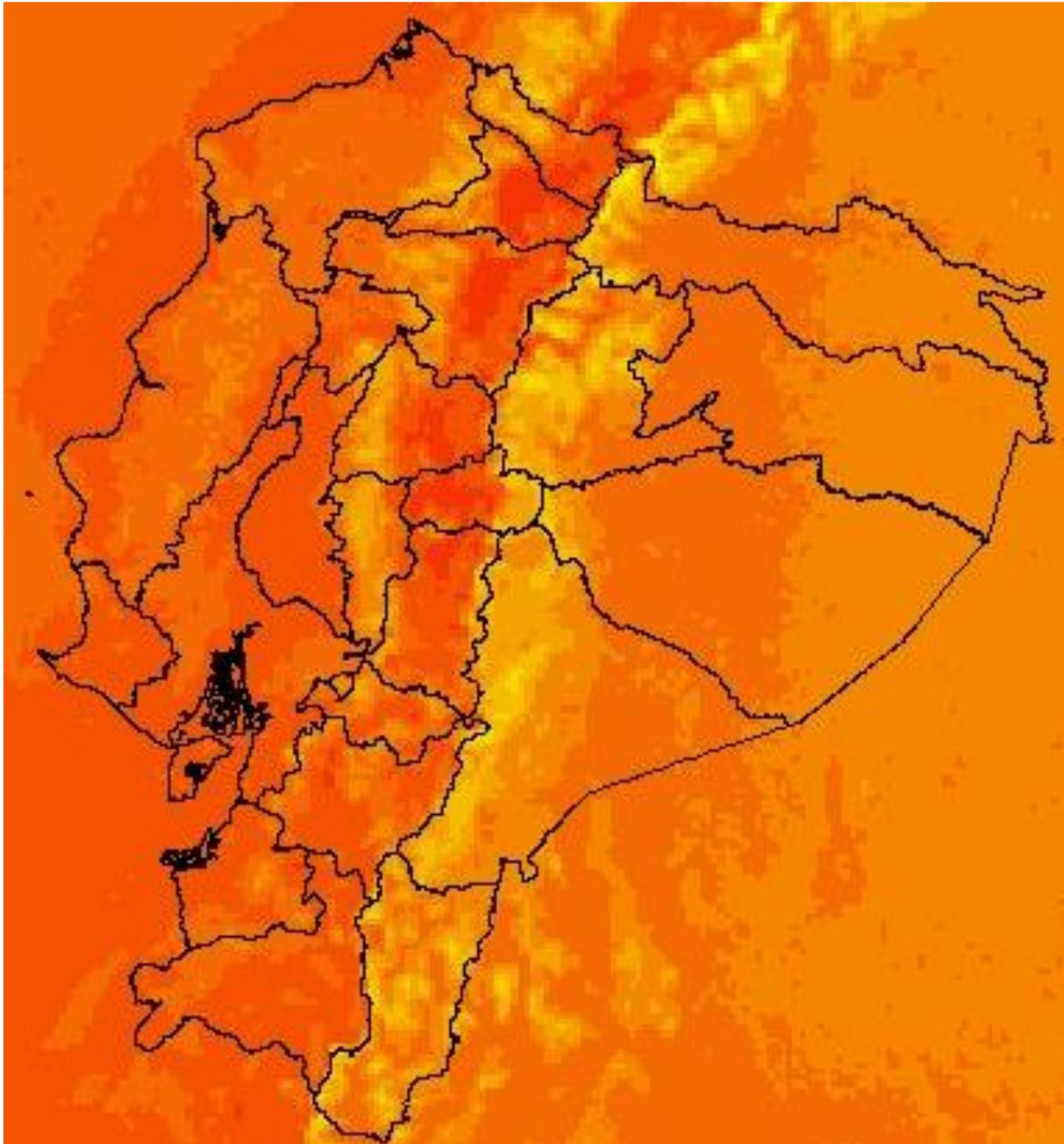
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Junio del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

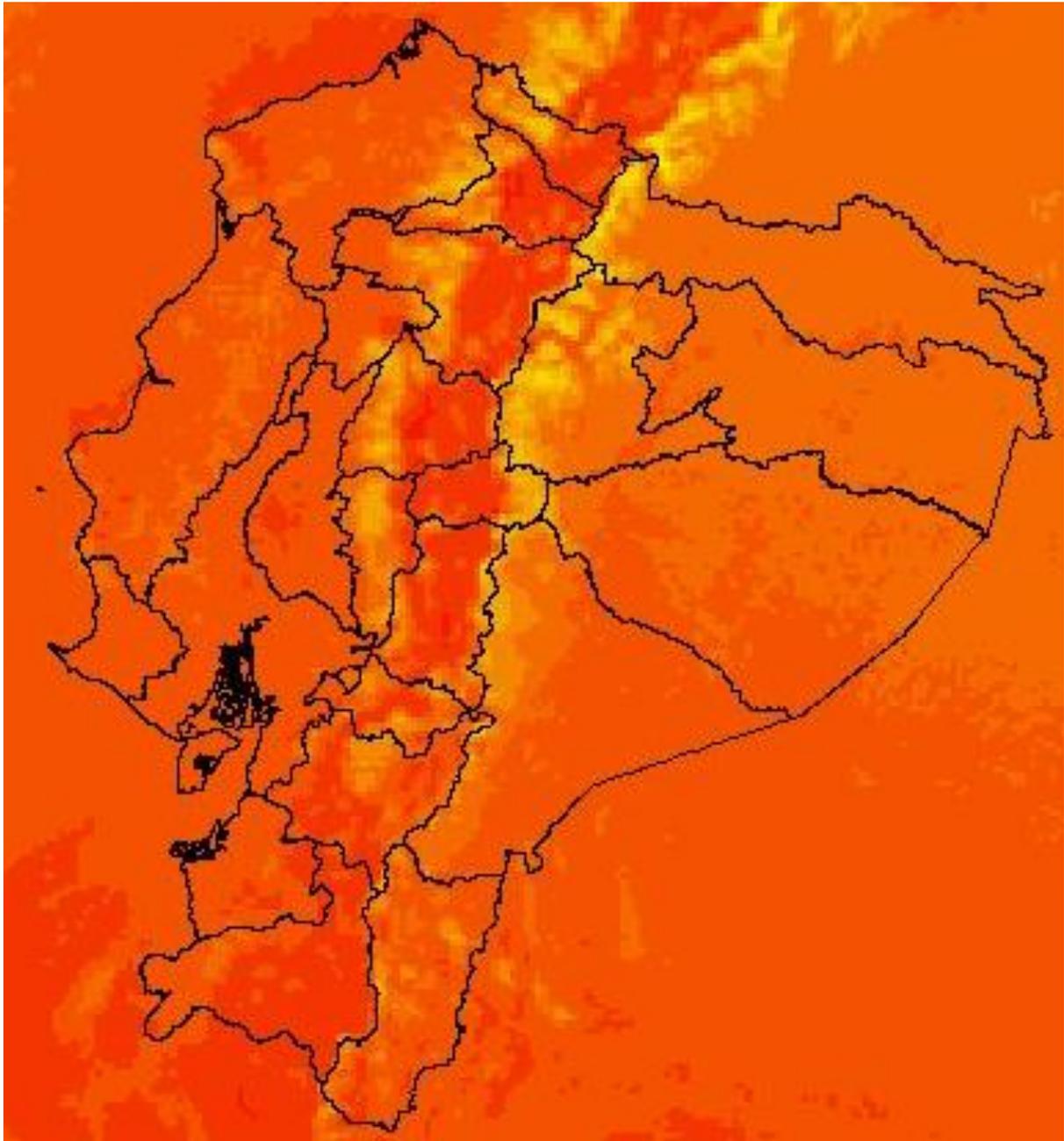
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Julio del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

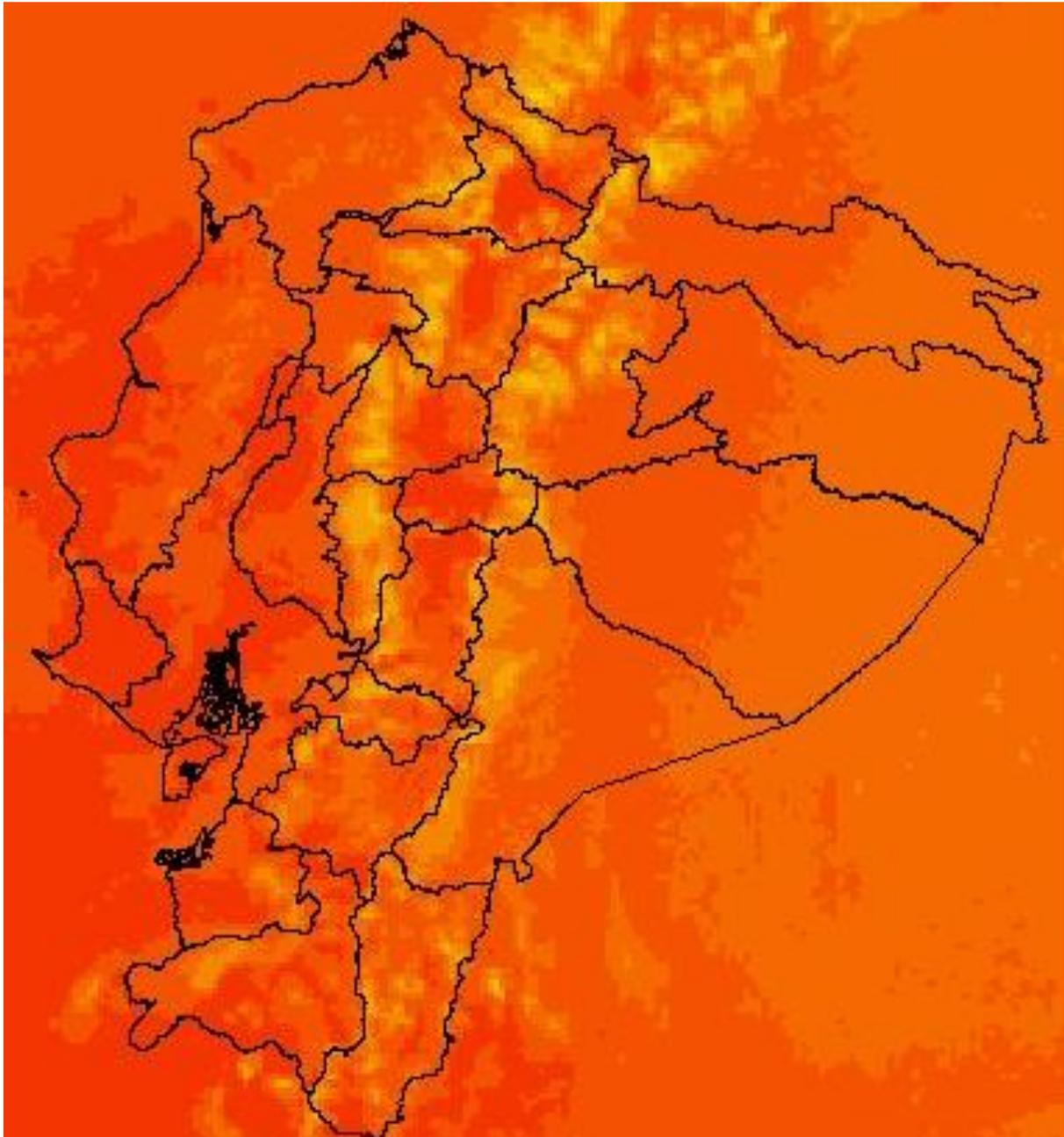
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Agosto del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

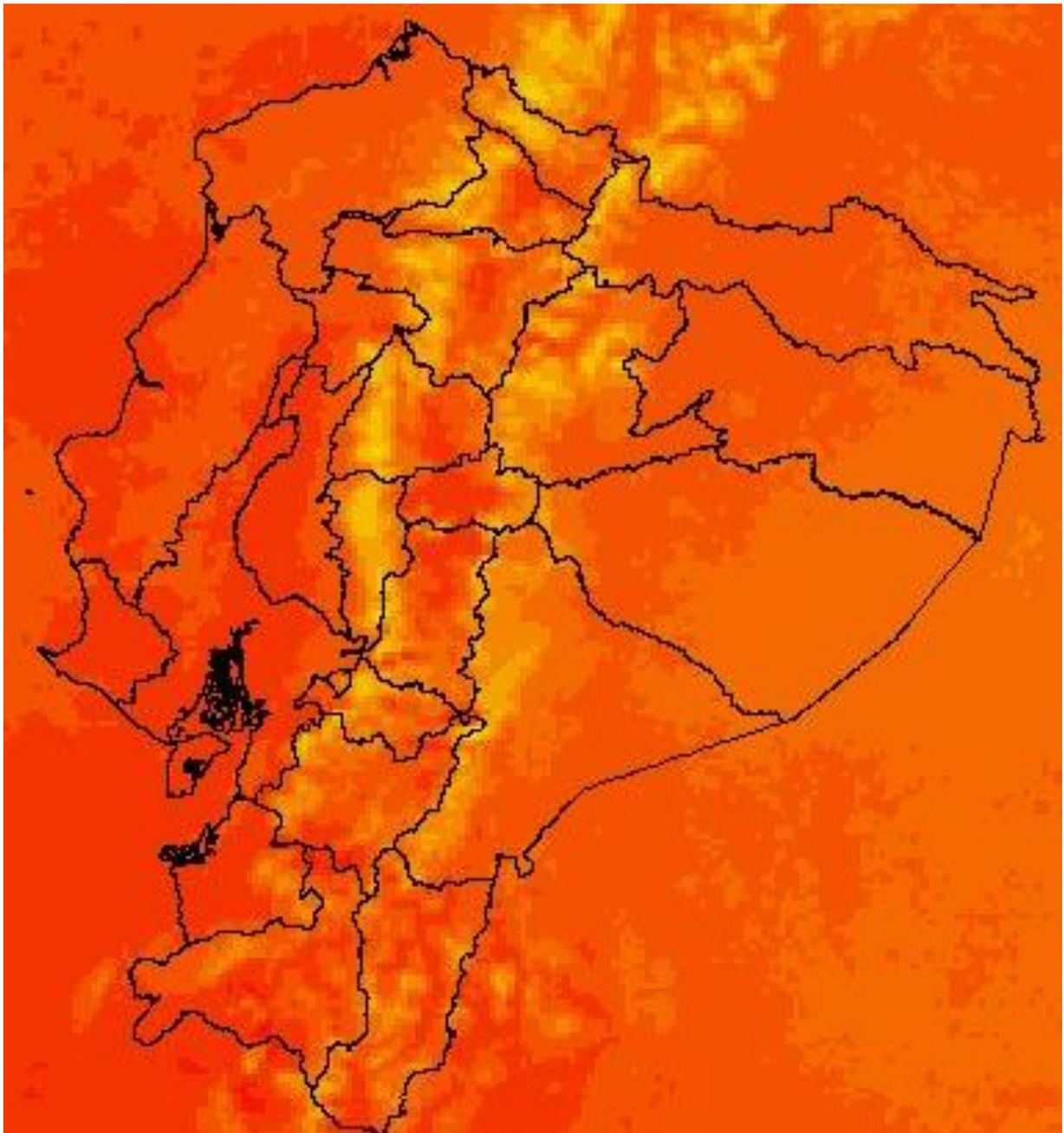
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Septiembre del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

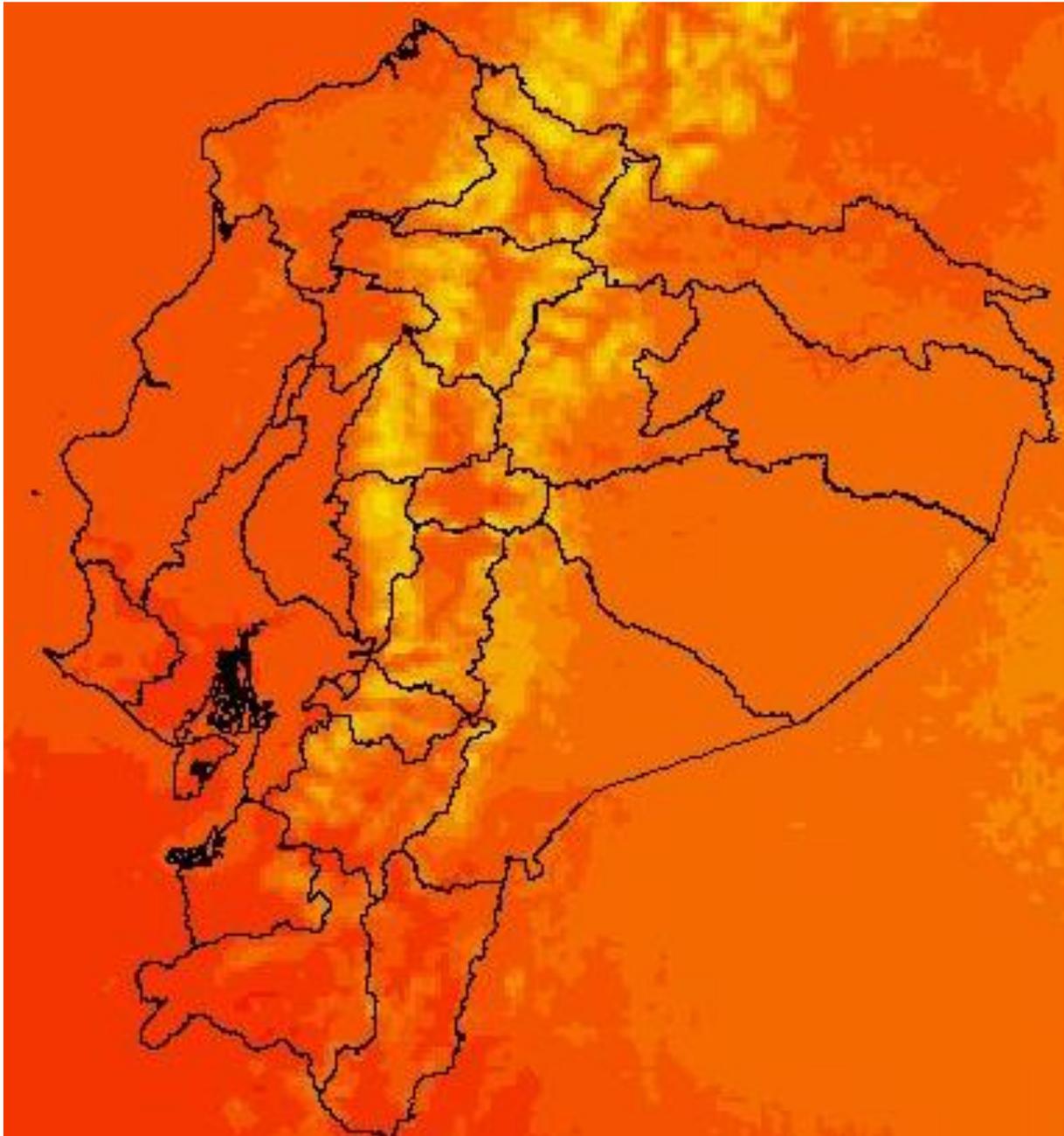
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Octubre del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

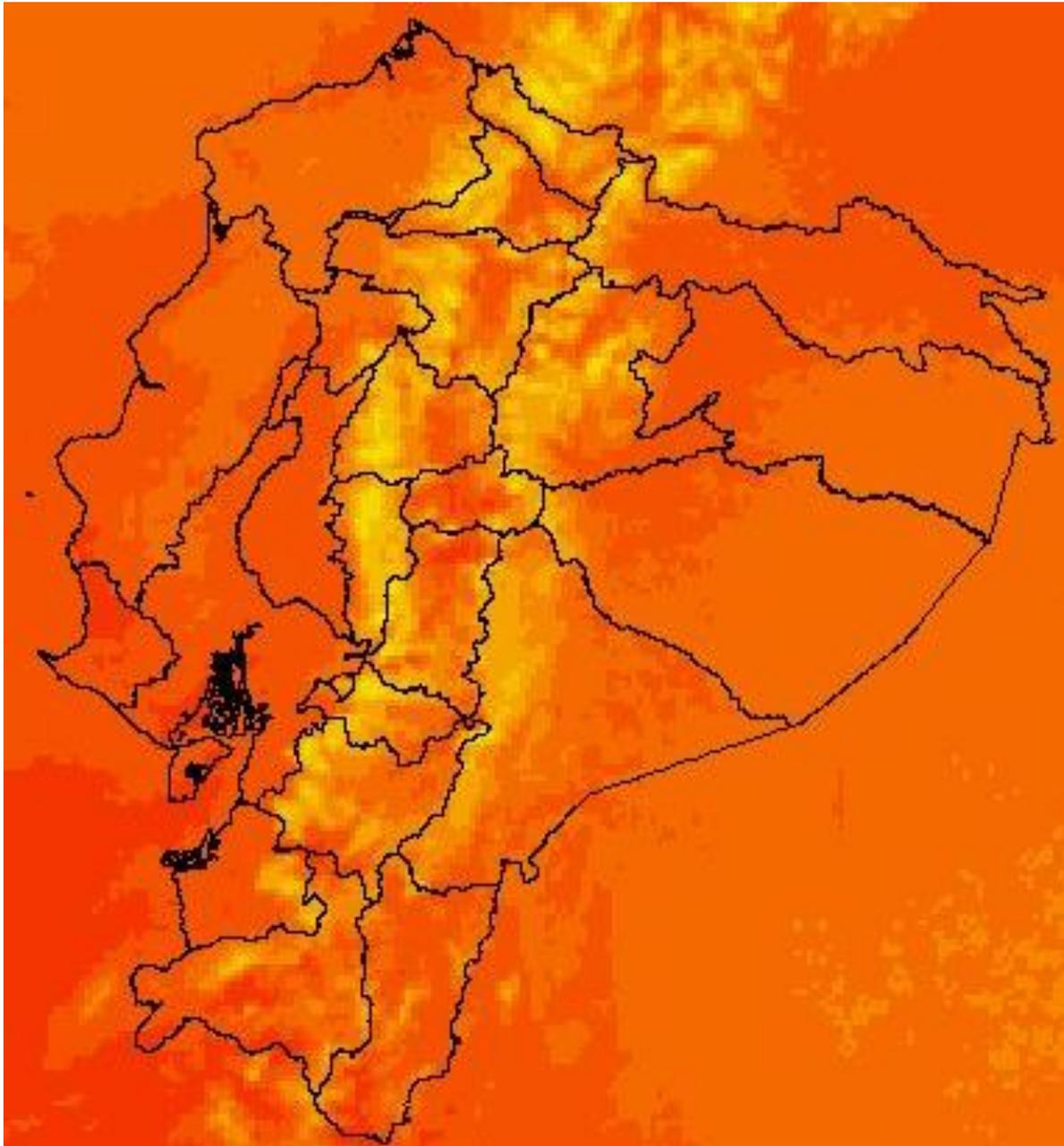
Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Noviembre del 2010.



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

Mapa de la radiación solar de un día promedio en superficie del Ecuador de Diciembre del año 2010



Radiación ($W m^{-2}$)

70 - 100	220 - 250
100 - 130	250 - 280
130 - 160	280 - 310
160 - 190	310 - 340
190 - 220	

BIBLIOGRAFÍA

1. Atkinson, R., & Arey, J. (1998). Atmospheric chemistry of biogenic organic compounds. *Accounts of Chemical of Research* , 574-583.
2. Báez, S., Salgado, S., & Janeth, S. (2010). *Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: CONDESAN.
3. Boada, C. (2009). *Caracterización ecológica del cantón El Chaco*. ECOCIENCIA.
4. Burneo, M. (2005). *Análisis de plataforma de competitividad de la provincia de Azuay*. Cuenca: SEPROYCO.
5. Burneo, M. (2006). *Análisis de plataforma de competitividad de la Provincia de Bolívar*. SEPROYCO.
6. Caranqui, J., & Romero, F. (2011). Composición y estructura del Bosque Húmedo tropical en la estación experimental Pastaza. *Herbario ESPOCH* .
7. Cárdenas, B., & Rehva, S. (2000). *Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas*. Mexico.
8. Cárdenas, C. (2004). Memorias del Primer Encuentro Andino de Derecho Forestal Ambiental Comunitario. *Encuentro Andino de Derecho forestal ambiental*, (págs. 50-135). Quito.
9. Carrasco, G. (211). Caracterización agroecológica de la microcuenca de Charquiyacu de la provincia de Bolívar. *Universiada Estatal de Bolívar* .
10. Casanova, J. (2010). *Zonificación forestal en el cantón Cañar, bajo criterio biofísico y de conservación para un equilibrio social económico y ambiental*. Riobamba: Escuela Politécnica de Chimborazo.
11. Cevallos, E. (2004). *Diagnóstico Socioeconómico de los sistemas agroproductivos en la asociación de agricultores y ganaderos*. Quijos.
12. Coello, F. (1995). Plan de Manejo del Parque Nacional "Sumaco-Napo Galeras". *INEFAN* .
13. Comafors. (11 de 2005). *Corporación de manejar forestal sustentable*. Recuperado el 08 de 2012, de Manejo sustentable del bosque secundario del norte de

Esemeraldas: <http://comafors.org/programas-y-proyectos/forestal-y-agroforestal/manejo-sustentable-del-bosque-secundario-en-el-norte-de-esmeraldas>

14. Consejo Provincial de Bolívar. (2004). *Modelo de Gestión para micro empresas agrícolas con cultivos ecológicos*. Guaranda.
15. Córdova, M. (2008). *Estudio de Impacto Ambiental subestación Puyo*. TRANSELECTRIC S.A.
16. Cueva, J., & Chalán, A. (2010). *Cobertura vegetal y uso actual del suelo de la provincia de Loja*. Loja.
17. DMQ. (2010). *Inventario de emisiones 2007*. Quito.
18. DMQ. (2006). *Inventario de Emisiones DMQ 2003*. Quito.
19. DMQ. (2008). *Inventario de emisiones DMQ 2005*. Quito.
20. EcoCiencia. (2008). *Composición y diversidad de la flora y fauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi*. Quito.
21. Fall, R. (1999). *Biogenic emissions of volatile organic compounds from higher plants*. San Diego: C. N. Hewitt.
22. Flores, N., & Flores, J. (2007). *Determinación de la densidad de biomasa foliar de las especies vegetales y categorías de uso del suelo del dominio de análisis para la estimación de las emisiones del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: CORPAIRE-ESPE.
23. Fuentes. (2001). New directions: VOCs and biosphere-atmosphere feedbacks. *Atmospheric Environment* , 189-191.
24. Fundación SIRUA. (2006). *Plan de manejo y gestión del Corredor Biológico Awacachi*. El Oro.
25. Goodwin. (1971). *Aspects of terpenoid chemistry and biochemistry*. Londres: Academic Press.
26. Granizo, T. (2004). *Humedales del Ecuador*. Quito.
27. Greenberg, J., Guenther, A., Zimmerman, P., Baugh, W., Geron, C., Davis, K., y otros. (1999). Tethered balloon measurements of biogenic VOCs in the atmospheric boundary layer. *Atmospheric Environment* , 855-867.
28. Guachamín, M., & Delgado, C. (2011). *Determinación, caracterización y clasificación del Uso Agrícola de los suelos en la Provincia del Napo*. ECOBONA.

29. Guenther, A., Hewitt, C., Eriksson, D., Fall, R., Geron, C., Graedel, T., y otros. (1995). A global model of natural volatile organic compound emissions. *Journal of Geophysical Research* .
30. GYPAM. (01 de 2012). *Estudio de impacto Ambiental Definitivo Proyecto Construcción y Operación del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de milagro*. Recuperado el 25 de 08 de 2012
31. Hanks, J., & Louglin, S. (2011). *Volatile Organic Compounds*. USA: Nova Science.
32. Hansen, U., & Seufert, G. (1996). The terpenoid emission pattern of *Quercus coccifera*. *EUROTRAC* , 235-239.
33. Harborne, J. (1991). Recent advances in the ecology chemistry of plant terpenoids. *Clarendon Press, Oxford* , 399-426.
34. Hayden. (1998). Ecosystem feedbacks on climate at the landscape scale. *Series biological sciences* , 5-18.
35. Houghton, J., Ding, t., Griggs, D., Noguer, M., Dai, X., & Maskell, K. (2001). IPCC Climate Change. *The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University.
36. INEC. (2000). *Principales productos agrícolas*. Recuperado el 08 de 2012, de Principales productos agrícolas
37. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO ESPAÑA. (30 de Agosto de 2007). *Fichas técnicas*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2012, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/901a1000/nspn0904.pdf>
38. Inzunza, J. (2003). Radiación Solar y Terrestre. En U. d. Chile, *Meteorología Descriptiva* (págs. 57-82). Santiago de Chile.
39. Kavouras, I., Mihalopoulos, N., & Stephanou, G. (1998). Formation of atmospheric particles from organic acids produced by forests. *Nature* , 683-686.
40. Kesselmeier, J., & Staudt, M. (1999). Biogenic Volatile Organic Compounds: An overview on emission, physiology and ecology. *Journal of Atmospheric Chemistry* , 23-88.
41. Kesselmeier, J., Bode, K., Hofmann, U., Muller, H., Schafer, L., Wolf, A., y otros. (1997). Emissions of short chained organic acids, aldehydes and monoterpenes from *Quercus ilex* and *Pinus pinea* in relation to physiological activities, carbon budget and emission algorithms. *Atmosphere Environment* , 119-134.

42. Kesselmeier, J., Schafer, L., Ciccioli, P., Brancaleoni, E., Cecinato, A., Frattoni, M., y otros. (1996). Emission of monoterpenes and isoprene from a Mediterranean oak species *Quercus ilex* measured within the Biogenic Emissions in the Mediterranean Area project. *Atmospheric Environment* , 1841-1850.
43. Kiely, G. (1999). *Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw Hill.
44. Lancaster University. (10 de 2002). *Isoprene and monoterpene emission potentials for 110 plant species found in the United Kingdom*. Recuperado el 07 de 2012, de www.es.lancs.ac.uk
45. Langenheim, J. (1994). higher plant terpenoids: A phytocentric overview of their ecological roles. *Journal of Chemical Ecology* , 1223-1280.
46. Lerdau, M., & Slobodkin, L. (2002). Trace gas emission and species-dependent ecosystem services. *Trend in Ecology and Evolution* , 309-312.
47. Lerdau, M., Guenther, A., & Monson, R. (1997). Plant production and emission of volatile organic compounds. *BioScience* , 373-383.
48. Litvak, M., Loreto, F., Harley, P., Sharkey, T., & Monson, K. (1996). The response of isoprene emission rate and photosynthetic rate to photon flux and nitrogen supply in aspen and white oak trees. *Plant, cell and environment* , 549-559.
49. Loreto. (1996). Influence of environmental factors and air composition on the emission of α -pinene from *Quercus ilex* leaves. *Plant Physiology* , 267-275.
50. Loreto, F., Ciccioli, p., & Cecinato, A. (1996). Influence of environmental Factors and Air Composition on the emission of prene from *Quercus ilex* leaves. *Plant physiology* , 267-275.
51. Lozano, P. (2008). *Plan de manejo y estudio iniciales de flora y fauna del bosque protectos Abanico*. Macas.
52. Lozano, P. (2011). *Propeusta de norma para lod Productos Forestales Diferentes de la Madera del Ecuador*. Quito: Ministerio de Ambiente.
53. MAE-COSUDE. (2010). Plan Nacional de la Calidad del Aire. Quito: Ministerio del Ambiente-Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
54. MAGAP. (2010). *Geoportal del Agro Ecuatoriano*. Recuperado el 17 de 05 de 2012, de <http://www.agricultura.gob.ec/>
55. MAGAP. (2012). *Plan de Desarrollo del Cantón Santo Domingo*. Santo Domingo.

56. Martin, R., & Westberg, H. (1991). Measurement of isoprene and its atmospheric oxidation products in a central Pennsylvania deciduous forest. *Journal of Atmospheric Chemistry* , 547-576.
57. Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. En U. M. Andrés, *Botánica Económica de los Andes Centrales* (págs. 91-109). La Paz.
58. Ministerio de Ambiente. (2008). *Plan de manejo Reserva Ecológica Cotacachi - Cayapas*. Quito.
59. Ministerio de Ambiente. (2011). *Plan de manejo Reserva Ecológica Militar Arenillas*. Machala.
60. Ministerio de Turismo. (2010). *Plan de Ordenamiento turístico territorial Zona 7*. Quito.
61. Morales, R. (2006). *Contaminación Atmosférica Urbana: Episodios Críticos de Contaminación Ambiental en la Ciudad de Santiago*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
62. Morocho, D. (2008). *Estudio de alternativas de manejo para el bosque sur del bosque y vegetación Protector Colambo - Yacuri*. Loja: MAE.
63. Natura, F. (2009). *RESUMEN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL CANTÓN CUENCA AÑO BASE 2007*. Cuenca.
64. Parra, R. (2008). Contribution of oil palm isoprene emissions to thropospheric ozone levels in the Distrito Metropolitano de Quito. En Varios, *AIR POLLUTION XVI*. USA: WIT Press.
65. Parra, R. (2004). *Estimating the biogenic emissions of non-methane volatile organic compounds from the North Western Mediterranean vegetation of Catalonia, Spain*. Barcelona, Spain: Environmental Modelling Laboratory, Universitat Politecnica de Catalunya.
66. Peñuelas, J. (1993). *El aire de la vida*. Barcelona: Ariel SA.
67. Peñuelas, J., & Estiarte, M. (1995). Terpenoids: a plant language. *Trends in Ecology and Evolution* , 289.
68. Peñuelas, J., & Lluisa, J. (1997). Effects on carbon dioxide and seasonality on terpene content and emission. *Journal of Chemical Ecology* , 20-24.
69. Peñuelas, j., & Lluisa, J. (2003). Emisiones biogénicas de COVs y cambio global ¿Se defienden las plantas contra el cambio climático? *Ecosistemas* .

70. Peñuelas, J., & Lluisa, J. (1998). Influence of inter and intra-specific interference on terpene emission by *Pinus halepensis* and *Quercus Ilex* seedlings. *Biologia Plantarum* , 139-143.
71. Peñuelas, J., & Lluisa, J. (2001). The complexity of factores driving volatile organic compound emissions by plants. *Biologia Plantarum* , 481-487.
72. Peñuelas, J., & Llusia, J. (1999). Seasonal emission of monoterpenes by the Mediterranean tree *Quercus iles* in field conditions. *Physiologia Plantarum* , 641-647.
73. Romero, A., & Moscoso, J. (2008). *Proyecto Comunitario "RUtas por las Cascadas" la Unión*. Quito: UCT.
74. Ruiz, L. (2003). *Situación de la cadena productiva de las frutas amazónicas ecuatorianas*. Puyo: PAC.
75. Sanhuenza, E., Holzinger, R., Donoso, L., & Santana, M. (2001). volatile organic compounds in the atmosphere of La Gran Sabana. *Interciencia* , 597-605.
76. Sanhueza, E., Holzinger, R., & Donoso, L. (2006). Compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera de la gran sabana. *SciELO* , 597-605.
77. Sistema Estadístico Agropecuario Nacional. (2010). *Datos estadísticos agropecuarios*. Quito: ESPAC.
78. Spon, F. (1997). *Air pollution, measurement, modelling and mitigation*. New York: Taylor & Francis Group.
79. Tingey, d., Tumer, D., & Weber, A. (1991). Factors controlling the emission of monoterpene and other volatiles compounds. *Academic Press* , 93-120.
80. Unidad de Gestión Territorial de Zamora Chinchipe. (2011). *Sistema Económico-Productivo*. Zamora Chinchipe: Ministerio de Ambiente.
81. Union Europea. (1999). *Agencia Europea del Medio Ambiente*. Recuperado el 29 de 09 de 2012, de <http://www.eea.europa.eu/es/themes/air/eea-activities>
82. Unión Europea. (03 de 1999). *Síntesis de la legislación de la UE*. Recuperado el 9 de 12 de 2012, de la Directiva 1999/13/CE Del Consejo de 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles ya que el uso de disolventes orgánicos en ciertas actividades e instalaciones: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0013:20090112:ES:PDF>

83. Universidad del Azuay. (2007). *Caracterización de la cuenca hidrog´rafica del Río Negro*. Cuenca.
84. Vásconez, P. (2006). *Los páramos*. La Paz: EcoCiencia.
85. Villegas, T., & Tene, W. (11 de 2010). *Informativo forestal*. Recuperado el 08 de 2012, de Ministerio del Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/>
86. Wang, W., & Schnoor, J. (1996). *Volatile Organic Compounds in the environment*. Montreal Canada: ASTM.
87. Yépez, M. (04 de 2012). *Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 10 de 2012, de <http://www.ambiente.gob.ec/>
88. Zimmerman, P. (93). Measurements of atmospheric hydrocarbons and biogenic emissions fluxes in the Amazon boundary layer. *Journal of Geophysical Research* , 1407-1416.