

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador

Departamento de Asuntos Públicos

Convocatoria 2021-2022 (Modalidad Virtual)

Tesina para obtener el título de especialización en Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades

Aportes para la tipificación de la contaminación del aire por azufre proveniente de buques en
Guayaquil, Ecuador

Olga Laurmania Quevedo Pinos

Asesor: Marcela Aguirre Clavijo

Lector: Cristhoffer Velazco Pazmiño

Quito, junio de 2022

Dedicatoria

Para Willan, Bily y Julián.

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	III
Resumen.....	VI
Agradecimientos.....	VIII
Introducción	1
Capítulo 1. Marco analítico y metodológico.....	5
1.1 Estado del arte temático	5
1.2 Marco teórico-conceptual.....	7
1.3 La contaminación del aire desde la perspectiva de la Ecología Política Urbana	9
1.4 Marco metodológico	11
1.4.1 Método cualitativo.....	11
1.4.2 Método cuantitativo.....	12
1.4.3 Técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento y análisis de información	12
1.4.4 Entrevista	12
1.4.5 Delimitación temporal y espacial.....	13
1.4.6 Análisis estadístico.....	13
1.4.7 Estudio retrospectivo.....	14
Capítulo 2. Desarrollo del caso, resultados de la investigación.....	15
2.1 Contextualización y particularidades relativos al MARPOL y el óxido de azufre	15
2.2 El Puerto de Guayaquil	16
2.5 Calidad del aire en ciudades costeras	21
2.6 Resultados de la aplicación de la estrategia metodológica al caso de estudio	23
2.7 Marco político para la gestión del cambio climático en el país	28
2.7 Estrategias locales existentes con potencialidad a ser implementadas	29
2.8 Propuesta estratégica local para la adaptación al cambio climático vinculado a las emisiones de óxidos de azufre en el puerto de Guayaquil	29
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	34

Lista de abreviaturas.....	36
Lista de referencias.....	37
Anexos.....	43

Lista de Ilustraciones

Tablas

Tabla 2.1. Distribución de <i>R. harrisonii</i> y <i>A. germinans</i> en el área de estudio, agrupados por influencia de factores antrópicos	24
Tabla 2.2. Medias de las concentraciones de azufre emitido por los barcos, presentes en el combustible y en la atmosfera y pigmentos fotosintéticos de <i>Avicenia germinans</i> y <i>Rhizophora harrisonii</i> , durante el 2018 - 2019	25
Tabla 2.3. Flujos de azufre en <i>diesel oil</i> y concentración de azufre en la atmosfera 2018-2019	27
Tabla 2.4. Contenido de azufre en diversos tipos de combustible utilizado por los barcos mercantes	28

Figuras

Figura 1. Comparación de las concentraciones totales (a) de pigmentos fotosintéticos y de (b) proteínas en <i>R. harrisonii</i> y <i>A. germinans</i>	26
---	----

Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis

Yo, Olga Laurmania Quevedo Pinos, autora de la tesina titulada “Aportes para la tipificación de la contaminación del aire por azufre proveniente de buques en Guayaquil, Ecuador” declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de especialización en Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, junio de 2022



Olga Laurmania Quevedo Pinos

Resumen

Las emisiones de buques que atracan en el Puerto de Guayaquil, sea por comercio o turismo, son poco reconocidas por los diferentes entes políticos, administrativos o de investigación. Se argumenta que, la Política Nacional de la Calidad del Aire no está armonizada con las metas del control de las emisiones a la atmosfera provistas en estándares internacionales en materia de transporte marítimo. Tampoco las entidades gubernamentales responsables cuentan con instrumentos de política de calidad del aire urbano para gestionar los óxidos de azufre (SO_x).

Los objetivos específicos de la tesina se buscan analizar los niveles actuales de los contaminantes emitidos a la atmosfera a partir del empleo de combustible fósil de los barcos que atracan en el Puerto de Guayaquil y proponer estrategias locales para la adaptación al cambio climático relacionadas con la incidencia de las emisiones a la atmosfera del óxido de azufre de acuerdo con el marco referencial del Anexo VI del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL).

Un primer hallazgo fruto de la revisión documental permite afirmar que existe una brecha en el abordaje en la relación entre contaminación del aire local y el cambio climático. En el 2017 la autoridad ambiental nacional estableció medidas de adaptación con instrumentos legales vinculados al cambio climático. Antes de esto, en el 2010 desarrolló el Plan Nacional de la Calidad del Aire, y en el 2013, planteó metas que indicaban que un conjunto de 16 ciudades del país debía monitorear gases de efecto invernadero y actualizar su inventario de emisiones. En el ámbito sectorial, en el 2012 la Secretaría de Puertos y Transporte Marítimo Fluvial conformó un comité para revisar la Estrategia Marítima para la Implantación de los Instrumentos Obligatorios de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Un segundo hallazgo se refiere al volumen de combustible consumido en entre el 2018 al 2021 estimado en 543 741,75 litros (L) para el ámbito de estudio. En este periodo las emisiones de azufre a la atmosfera generadas por los navíos variaron en un rango de 297,14 a 1417,1 kilogramos (kg). Estos valores que se contrastan con la presencia del azufre en la atmosfera de 39,6 a 179,6 miligramos por litro (mg/L).

Un tercer hallazgo se logró mediante pruebas de campo para determinar los efectos de los SO_x en la vegetación endémica. Las áreas naturales protegidas que rodean al puerto de

Guayaquil demuestran un rol importante en la recepción de los flujos secos y húmedos de sulfatos ya que los valores obtenidos son siempre más bajos en comparación al resto de sitios analizados por el uso del suelo. Se analizó la data respecto a los pigmentos fotosintéticos y las proteínas de dos especies de manglar las que demostraron diferencias en sus concentraciones, así como valores atípicos.

Se concluye que, dada la estrecha relación entre la ciudad de Guayaquil con sus ecosistemas y el puerto, urge tomar acciones concretas que permitan implementar los estándares del MARPOL. Entre los desafíos para la tipificación de los óxidos de azufre proveniente del sector transporte marítimo, en parte responsable de la contingencia ambiental atmosférica que enfrentan las ciudades costeras como Guayaquil, se precisa superar el desinterés político de conjugar los diferentes procesos administrativos, el garantizar las competencias a cada ente, la obtención de fondos para una planificación más precisa y la incipiente promoción de tecnologías limpias de última generación.

Agradecimientos

A mi familia por la comprensión y la paciencia.

Introducción

El presente trabajo de titulación se realiza en el marco de la Especialización Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades 2021-2022 siguiendo la línea de investigación “Planificación y acción colectiva para la gestión urbana del cambio climático”. La tesina busca aportar elementos para la discusión sobre la descarbonización del sector naviero y la contaminación del aire local. En esta sección se presenta la justificación y los propósitos de investigación.

En el 2015, la tasa por enfermedades y condiciones de morbilidad relacionadas al aire fue de 2,38 por cada 10 000 habitantes para la región Costa, frente a 1,58 para la Sierra, 0,23 para la Amazonia y 0,01 para la región Insular (INEC 2015). A pesar de ello, en ciudades costeras como Guayaquil, prima la noción de que este recurso natural se renueva de forma adecuada. La calidad del aire no está entre los problemas ambientales más apremiantes para la población local; pese a que emisiones de fuentes como los barcos tienen una distribución homogénea de largo alcance de sustancias que ingresan hasta 400 kilómetros (km) en las áreas continentales.

Uno de los retos de las políticas públicas de calidad ambiental ecuatoriana es su vigencia. La contaminación del aire por azufre de barcos no está tipificada (Hernández, Encalada, y Molina 2010, 6). Contrasta la progresión de lineamientos y directrices de acuerdos ambientales multilaterales tales como los convenios de Rotterdam 1998 y Estocolmo 2001 (Delaney 2004, en PNUMA), el Protocolo de Montreal 1989 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2018 10) y el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos desarrollado por otros países (Ministerio de Transición Ecológica de España n.d.). Mientras que la reducción de emisiones en el sector el transporte marítimo es estipulada por el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) y los límites a la cantidad de azufre por la Organización Marítima Internacional (OMI).

En el plano nacional ecuatoriano la normativa sectorial se plasma en el Código Orgánico del Ambiente de 2017 (R.O. 983, Suplemento 2017 2), la Ley de Prevención y Control de la Calidad Ambiental (Registro Oficial Suplemento No. 418 2004 21), entre los principales cuerpos legales. En cuanto a la organización y rectoría de las políticas, si bien el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) ha establecido la Dirección de Sustancias Químicas, Residuos y Desechos Peligrosos y No Peligrosos, así como también la Armada del Ecuador lo ha hecho con la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos

(DIRNEA); a nivel de los gobiernos autónomos descentralizados, las competencias en materia ambiental se cumplen de manera aislada y fragmentada. La situación es evidente en la falta de alineación de la política pública con los lineamientos del MARPOL y la OMI.

En el área metropolitana de Guayaquil las emisiones relacionadas a la concentración de azufre (S) en el aire se originan en el uso de combustible por parte de barcos dispuestos en el puerto marítimo. (Klinger y Delgado 2021 - 37) realizaron estudios sobre las concentraciones del S en el combustible de los navíos que arriban al Puerto de Guayaquil. Calcularon las distancias recorridas entre puertos y el combustible consumido con la finalidad de analizar cuánto S es emitido a la atmosfera. Las estimaciones se realizaron en función de la ecuación de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). En la muestra se discriminó dos grupos de embarcaciones según su bandera de procedencia. Como resultado demuestran que los barcos de origen nacional emiten mayor cantidad de óxidos de azufre 210,7 kg en relación con los barcos de origen internacional 190,4 kg. Este último grupo supera levemente el umbral máximo de emisiones a la atmósfera reglamentado por el MARPOL.

El trabajo realizado por (Betancourt y Luque 2019, 70) concluye que en la ciudad de Guayaquil los flujos de S se encuentran entre 2-3 kilogramos por hectárea anual (kg/ha/año); lo que supera a lo establecido por las normas europeas, donde se destaca que los referidos valores son para zonas sensibles como los ecosistemas de bosques. Por su parte (Calle y Montaña 2019, 55) indican que las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂) en la atmosfera del puerto de Guayaquil son superiores en comparación con el resto de sitios analizados de la urbe con medias de 4,90 kg/ha/año.

Finalmente, aunque los óxidos de azufre (SO_x) no constan entre los gases de efecto invernadero (GEI) producen reacciones químicas en conjunto con otros gases. Para (Houghton, Izrael, and Reinstein 1992, 8) el dióxido de azufre (SO₂) es un gas reactivo, reconocido por ser el principal precursor del aerosol sulfato por lo que ejerce una influencia directa sobre el clima ya que reacciona en la troposfera incidiendo en su temperatura. Resultado de la combinación del agua en la estratosfera en forma de densas nubes de pequeñas gotas de ácido sulfúrico que tardan años en depositarse, afectando a los ecosistemas y la salud de las personas.

Con estos antecedentes la pregunta de investigación es ¿En qué medida la Política Nacional de Calidad del Aire se alinea a las metas de control de las emisiones a la atmosfera del Anexo VI del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques? El objetivo general de la tesina es determinar si tal política responde a las metas de control de las emisiones atmosféricas del MARPOL, siendo el caso de estudio el Puerto de Guayaquil. Mientras que los objetivos específicos son:

1. Analizar los niveles actuales de los contaminantes emitidos a la atmosfera a partir del consumo de combustible fósil de los barcos que atracan en el Puerto de Guayaquil.
2. Proponer estrategias locales para la adaptación al cambio climático relacionadas con la incidencia de las emisiones contaminantes atmosféricas de gases efecto invernadero como un aporte al marco referencial del Anexo VI del MARPOL.

Este documento busca generar insumos iniciales para la discusión sobre la calidad del aire en ciudades costeras afectadas por los óxidos de azufre y la descarbonización del sector naviero. Para lo cual se revisa las principales políticas para el control de la calidad del aire de interés para el caso de Guayaquil. Luego se sigue con la aplicación de una metodología de tipo exploratorio y retrospectivo analizando información del periodo 2018 al 2020 sobre el uso de combustible *diesel oil* de las embarcaciones que atracan en el Puerto de Guayaquil. Los valores estimados se contrastan los niveles permitidos de emisiones en el recurso aire con las normas y estándares del Anexo VI del MARPOL, vigente desde el 1 de enero de 2020. Los datos provienen del Sistema de Gestión Marítima y Portuaria (SIGMAP) de la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos (DIRNEA) de la Armada del Ecuador.

En cuanto a su estructura, se compone de tres capítulos, el marco analítico, el estudio de caso y las conclusiones. En el primero se presenta una revisión del estado del arte. Se toma como referente un estudio del 2017 sobre la contaminación por óxidos de azufre (SOx) en la ciudad de México, la situación de los depósitos atmosféricos y su vínculo con el cambio climático. También se aborda el marco teórico-conceptual y metodológico, aquí se acude al enfoque de la Ecología Política Urbana para comprender la contaminación y el cambio climático; así como se describe el alcance de la metodología.

En el segundo capítulo se describe la labor de revisión documental y de campo para describir la situación actual de Guayaquil en torno a la calidad ambiental del aire con énfasis en el uso

de combustible *diesel oil* de las embarcaciones del Puerto de Guayaquil para aproximar las emisiones de azufre a la atmosfera. Al final se presenta las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Capítulo 1. Marco analítico y metodológico

En este capítulo se presenta el marco teórico-conceptual que guía el documento abordando un grupo de teorías representativas de la Ecología Política. Se discute cómo se emplean por parte de los organismos seccionales vinculados con la toma de decisiones para mejorar la calidad del aire ambiente de Guayaquil. Mientras que en la línea de discusión conceptual se acude a las sinergias entre los actores centrales para describir los efectos del uso de combustible *diesel oil* y las emisiones de los navíos. Se destaca el hecho de que las concentraciones de azufre locales rebasan la norma internacional, así como la ausencia de la aplicación de protocolos para el control de la calidad del combustible del flujo marítimo en puerto.

1.1 Estado del arte temático

El azufre como elemento de la Tierra cumple funciones dentro de los ciclos naturales por su interrelación con el agua y el suelo, y la dependencia en ciclos vitales de organismos y sus ecosistemas. La oxidación principal del azufre ocurre en presencia del oxígeno porque se combina con este elemento para formar dióxido de azufre (SO₂), que es un contaminante atmosférico y el ion sulfato (SO₄²⁻) soluble en el agua. Está relacionado con la síntesis de proteínas y en las vitaminas, todos los seres vivos dependen del azufre porque está estrechamente vinculado a las redes tróficas, desde las plantas hasta integrarse en el agua, su producción es de origen volcánico y bacteriano, en la atmosfera se encuentra en estado gaseoso (Juarez M., R. Nava, E. Venancio, (n.d.). 407).

La interrelación de los procesos de contaminación con el cambio climático se presenta como un gran desafío para los científicos y las autoridades en los distintos niveles de toma de decisión. En el contexto latinoamericano uno de los referentes en la problemática de calidad del aire es la ciudad de México que se propuso caracterizar los depósitos atmosféricos húmedo y seco relacionado al cambio climático, reportando el seguimiento entre los años ochenta hasta el 2017. Los reportes del ente encargado del control, monitoreo, seguimiento del muestreo y el análisis de gases se sumaron investigaciones locales puntuales con representatividad espacial y temporal.

De los hallazgos respecto a las afectaciones provocadas por el azufre en la diversidad de presentaciones es la afectación al agua, la que se presentó con niveles de acidez, ya que los aportes de los flujos húmedos presentes en la atmósfera demuestran una fuerte correlación

entre el Calcio (Ca) y otras especies iónicas, por lo que el 25 % del agua de lluvia estudiada tuvo un pH de 5,6 lo que se conoce como lluvia ácida.

Según el reporte de (Convery y Redmond 2007, 109) los puertos a nivel mundial son considerados los sitios con aportes contaminantes provenientes de los procesos de manejo de las cargas y la transportación tanto terrestre como marina. A nivel mundial se reconoce como la tercera parte (32 %) de la contaminación total de dióxido de carbono (CO₂), mientras que (Christiansen y otros 2005, 20) brindan una noción de los aportes sectoriales a la contaminación del aire, generadas a partir del análisis del uso del suelo así el transporte terrestre por carretera representa un 21,3 % del total de las emisiones, mientras que el transporte marítimo internacional solo el 2,7 %.

En un plano más local, un estudio de la zona sureste de la ciudad de México evidencia afectación por la acidez del agua lluvia, lo que impacta a los ecosistemas y las zonas culturales. Se ha encontrado en las regiones Noreste y Oeste de la urbe una mayor proporción de depósitos de Trióxido de Azufre (SO₃) y Sulfato (SO₄). La autoridad ambiental mexicana identifica disminución de los niveles de dióxido de azufre (SO₂), pero en cambio una importante presencia sulfato (SO₄) en los depósitos atmosféricos húmedos, lo que indica que se requiere atención de las fuentes de SO₂, ya que el origen de la contaminación en este caso comienza como gases primarios (antropogénicos), que al mezclarse en la atmosfera terminan en otros compuestos denominados gases secundarios.

En cuanto a las reflexiones del estudio, se indica que una sola entidad no puede rastrear todos los contaminantes. En este caso se recomendó vincular el trabajo entre agencias de control para crear redes de depósitos atmosféricos para la ciudad de México ((UNAM) 2017, 256). Esto también permite notar las dificultades de reconocer las fuentes originarias de contaminación.

Para el caso de Ecuador, los datos obtenidos del proyecto Relaciones morfológicas entre *Rhizophora harrisonii* y las concentraciones de SO₂ en el Puerto de Guayaquil (financiados por el Fondo Complementario de Investigación FCI 0018). Según (Quevedo 2021, 52) encontró que la distribución de las concentraciones de óxidos de azufre (SO_x) en la ciudad de Guayaquil son superiores a los recomendados por la normativa europea. El estudio incluyó al Puerto de Guayaquil y sus áreas protegidas como el Estero Salado y la Isla Santay. El objeto

de estudio fueron las concentraciones de SO_x entre 2018-2019 a partir de muestreadores pasivos en la zona del Puerto de Guayaquil (Quevedo, Calderón, Calle y Montaña 2019, 296).

Entre los resultados se encuentra que la distribución de tales contaminantes en el uso del suelo es homogénea en sitios analizados. Estimaciones adicionales indican que la temporalidad influye en estas concentraciones ya que las épocas seca y lluviosa los valores reportados oscilaron entre 0,37 – 6,23 kilogramos por hectárea por segundo al año (kg ha/año/S), en comparación a la época de depósitos secos de octubre, 2,24 – 7,81 kg ha/ año/ S respectivamente (Quevedo, Calderón, Calle y Montaña 2019, 296).

Esto significa que los valores depósitos atmosféricos secos y húmedos varían de acuerdo con la temporalidad y la calidad del combustible quemado por las actividades antrópicas tales como la naviera, la industria, el tráfico terrestre, etc. De acuerdo con (Eyring y otros 1) los gases provenientes de la combustión de los buques pueden transportarse en la atmosfera a lo largo de varios centenares de kilómetros, lo que contribuye a los problemas de la calidad del aire al interior de los continentes, aun habiendo sido estos emitidos en el mar.

Los problemas por contaminación atmosférica en la ciudad de Guayaquil se analizan desde la óptica del uso del suelo, categorizando los sitios de acuerdo con la influencia que estos tengan por el tráfico vehicular naviero y terrestre, así como las termoeléctricas, las industrias y su relación con las áreas naturales protegidas como los manglares que sirven de cortina para atenuar el paisaje o de elementos de contingencia del material particulado que se genera en estos sitios. La actividad de los buques repercute en el clima por el enfriamiento de las nubes supera con creces los efectos del calentamiento de los gases efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂) o el ozono, procedentes del transporte marítimo, provocando en conjunto un forzamiento radiativo negativo actual. Resultado de todas las actividades antropogénicas generadas en el planeta (Bo fu y otros 2021 1).

1.2 Marco teórico-conceptual

En este apartado se revisa el marco teórico de la Ecología Política y su apreciación sobre el concepto de la contaminación del aire urbano, así como también se acude a la discusión sobre los límites planetarios y cómo actualmente superaron los umbrales del consumo de aquellos recursos de los que se depende intrínsecamente. Se aborda la inequidad como elemento de contradicción por los desfases en la construcción de procesos políticos o estratégicos que

enfrenten el cambio climático mientras unos pocos logran implementar políticas y ejecutarlas, otros la gran mayoría de países denominados en vía de desarrollo o con economía en transición ni siquiera cuentan con lo más esencial para soportar sus ciudades, estos son los rellenos sanitarios, agua potable, pueden ser parte de los convenios marco internacionales, pero no están en capacidad de ejecutar los compromisos que promuevan la mitigación de los gases de efecto invernadero.

La Ecología es una ciencia dedicada a la relación entre las plantas, los animales y el ambiente. También se la reconoce por analizar la problemática social frente a las necesidades humanas de acceso a los bienes y servicios ambientales. En cambio, la Ecología Política establece las relaciones de poder con el entorno, como línea de investigación analiza los procesos de cambios en la sociedad, reflejando como las sociedades se transforman en modos de vida sustentables, fundamentados en lo socioecológico y sociotécnico. El ámbito de estudio de esta ciencia abarca el desarrollo urbano y rural (Delgado Ramos 2013, 59).

Este lente teórico postula que, en un marco de relaciones sociales diferenciadas por el trabajo, la naturaleza es un objeto de transformación. La sociedad se apropia de los territorios ocupándolos con infraestructuras para proveer bienes y servicios, generando a la par desechos, aguas residuales, focos de calor y polución atmosférica (Delgado Ramos 2015, 109). (Robbins 2013, 567) señala que “la Ecología Política combina las inquietudes de la Ecología (Antropología Ecológica) y la Economía Política ampliamente definida. Juntos abarcan la dialéctica constante del cambio entre la sociedad y los recursos naturales, y también entre las clases y los grupos dentro de la sociedad misma”.

La Ecología Política se destaca al fundamentar su quehacer en la variedad de estudios sociales y múltiples disciplinas. Sostienen la importancia de los actores sociales junto a las instituciones locales e intergubernamentales para lograr ciudades incluyentes, que permitan el desarrollo de formas de vida en espacios verdes creados. Entre las temáticas en su agenda de investigación se cuenta: el medio ambiente como un espacio ecológico, social y simbólico; los mecanismos de poder y conocimiento involucrados en el uso, acceso y control de los recursos naturales y en las construcciones sociales sobre el medio ambiente; las relaciones entre las estructuras institucionales y la agenda humana en la gestión ambiental; el entretreído de procesos biofísicos y socioculturales en los cambios ambientales; y las redes de cooperación y

conflicto de la gobernanza ambiental, producción y comercio globalizado e iniciativas, junto a los movimientos de desarrollo alternativo (Nygren 2012, 11).

Ahora se pasa a revisar una categoría conceptual desde el lente de la Ecología Política Urbana; de acuerdo con (Domete 2006, 12) la ecología política urbana se contextualiza desde varias temáticas o enfoques con la participación de diferentes disciplinas que se abordan desde lo local, lo regional o global difícilmente es abordado en los textos que tratan esta temática, por la complejidad de vincular lo político con la recreación de paisajes naturales que influyan en el mejoramiento de las ciudades.

1.3 La contaminación del aire desde la perspectiva de la Ecología Política Urbana

(Rockström, y otros, 2009 6) alertan sobre la transgresión actual que sufre la Tierra. Su postura se fundamenta en la identificación de nueve límites planetarios reconocido como perjudiciales o catastróficos ya que superaron los umbrales, por lo que desencadenaran cambios ambientales abruptos. Siete de estos límites son el cambio climático y los principales gases efecto invernadero como:

- El dióxido de carbono (CO_2) cuya concentración en la atmosfera es <350 partes por millón (ppm) y/o un cambio máximo de $+1$ vatios por metro cuadrado (W m^{-2}) en el forzamiento radiativo;
- la acidificación de los océanos se presenta como “estado medio de saturación del agua de mar superficial con respecto al aragonito 3 80 % del nivel preindustrial.
- el ozono estratosférico (<5 % de reducción en la concentración de ozono troposférico (O_3) desde el nivel preindustrial de 290 Dobson Unidades);
- el ciclo biogeoquímico del nitrógeno (N) (limitar la fijación industrial y agrícola de dinitrógeno (N_2) a 35 Teragramos de nitrógeno por año (Tg N año^{-1});
- y el ciclo del fósforo (P) (la afluencia anual de P a los océanos no debe exceder 10 veces el fondo natural meteorización de P);
- el uso global de agua dulce (<4000 kilómetros cúbicos anuales — $\text{km}^3 \text{ año}^{-1}$ — de uso consuntivo de los recursos de escorrentía);
- tierra cambio del sistema (<15 % de la superficie terrestre sin hielo debajo de las tierras de cultivo);

- y la velocidad a la que la diversidad biológica se pierde (tasa anual de <10 extinciones por millón de especies).

Para (Rockström et al. 2009, 7) quedan aún dos límites planetarios adicionales que no se ha podido determinar su magnitud con fiabilidad como son la contaminación química, y la atmósfera cargada de aerosoles. El autor señala que la humanidad ya ha traspasado tres fronteras planetarias: el cambio del clima, la tasa de pérdida de biodiversidad, y los cambios en los ciclos globales naturales como un conjunto de elementos contaminados, entre otras preocupaciones.

De acuerdo con (Romero y otros 2010, 13) la Ecología Política con enfoque de espacios urbanos tiene como elemento de comprensión el análisis de las condiciones que se han establecido entre lo social y natural, respecto a los procesos de contaminación ambiental y los factores de riesgo potenciales que la geografía impone, donde estos asentamientos organizados, o no, se desarrollan, lo que va a influir en la vulnerabilidad social, cultural, política e institucional. Para el caso chileno el autor describe la necesidad de considerar la participación social vinculante en todas las etapas de la toma de decisiones, lo que requiere el acompañamiento de la reestructura de las políticas públicas para la creación de leyes relativas al ordenamiento territorial, la planificación ecológica y la efectiva evaluación de los impactos ambientales estratégicos y operacionales. Aunque el derecho de la propiedad privada se impone, es imprescindible priorizar las funciones ambientales o ecosistémicas porque son vitales para la calidad de vida en las ciudades.

Los últimos datos sobre la calidad del aire a nivel mundial reflejan que las políticas nacionales sobre la calidad del aire han aumentado, pero persisten las grandes brechas como la escasa implementación de estas por la falta de recursos o el manejo inadecuado de los mismos, el poco acceso al financiamiento internacional, el nulo desarrollo de las capacidades sobre este tema y la ausencia de monitoreos sobre la calidad del aire, deviene en la pérdida de información o el desconocimiento de una autoridad de investigación, ante lo cual solo se desgasta bajo esquemas de coordinación, así las urbes del mundo enfrentan actualmente la problemática de la calidad del aire en sus ciudades (Nairobi/Panamá, 07 de septiembre de 2021).

En el caso de la incidencia del dióxido de azufre (SO₂) proveniente de la actividad comercial del puerto de Guayaquil se precisa un enfoque holístico en el proceso de las políticas. Su función debe ser el de mitigar los daños a los ecosistemas y la salud de las poblaciones vulnerables a los contaminantes presentes en el aire. Esta discusión se profundiza en el capítulo dos. Se pasa a indicar la estrategia metodológica de la tesina.

1.4 Marco metodológico

El propósito de esta sección es revisar el planteamiento de la metodología y su aplicación en estudios locales actuales. También revisar la definición de la calidad de la atmosfera en la ciudad de Guayaquil. Además de resumir documentos regionales referidos a la quema de combustibles fósiles por diferentes medios de transporte. Enfatizando, los efectos del cambio climático que inciden en los ecosistemas urbanos. En este marco, los enfoques cualitativos y cuantitativos son elementos que dentro del proceso investigativo contribuyen al análisis.

Se presenta información retrospectiva producida por bases de datos que se utilizan como elementos referenciales temporales, cuya contribución es valiosa porque permite medir las condiciones en diferentes tiempos y relacionar con otros factores como la movilidad, la economía, y la calidad de vida de las personas en los entornos urbanos. El análisis estadístico enfrenta a las variables hipotéticamente, identificando sitios por uso de suelo previamente categorizados, los tests estadísticos ayudan a determinar los niveles de confianza en el 95 %, y establecen diferencias entre grupos de estudio. También se utiliza la entrevista para determinar el impacto y la importancia del tema a nivel local recogida a partir de expertos o conglomerados académicos.

1.4.1 Método cualitativo

En el enfoque cualitativo los cuestionamientos sobre lo que se investiga puede ocurrir antes, durante o después de la recolección y el análisis de datos, lo que es de utilidad ya que en el proceso de la investigación sirven para descubrir cuales son las preguntas de investigación más importante, se perfeccionan y responden, como un ciclo dinámico entre hechos que se interpretan, estas acciones varían de acuerdo con el estudio (Hernandez Sampieri 2014, 34). Dentro de la revisión bibliográfica la motivación de esta investigación en reconocer los aportes realizados respecto a la calidad ambiental de la atmosfera de la ciudad de Guayaquil, y su relación con el tipo de combustible que usan los barcos navieros, las emisiones

registradas en el puerto de Guayaquil y en qué medida las políticas ambientales referidas a la atmosfera o calidad del aire tienen o no alguna incidencia.

1.4.2 Método cuantitativo

De acuerdo con (Hernandez Sampieri 2014, 36) el enfoque cualitativo responde a un conjunto de etapas que se deben ir cumpliendo en la medida que la investigación avanza, por lo tanto va probando planteamientos y se sustenta en base a teorías que fundamentan el marco teórico. Se construyen preguntas que permiten establecer hipótesis e identificar variables, y se construye un diseño de investigación de acuerdo con el contexto. La estadística está entre los principales métodos cuantitativos.

De acuerdo con lo expuesto en las secciones anteriores, a partir de información local sobre las concentraciones de azufre se puede relacionar los problemas ambientales de la calidad aire ambiente con datos sobre la cuantificación del uso de combustible fósil por parte de los barcos. Se analizará la cantidad de azufre presente en el *diesel oil* que utilizan los barcos mercantes, y por tanto las emisiones de óxidos de azufre que resultan de la combustión liberada a la atmósfera por medio de las chimeneas de estos comparando los flujos de azufre presentes en el puerto de Guayaquil. Los datos obtenidos a través de cálculos sobre el azufre se fundamentaron en el factor de emisión de azufre cuya referencia es la guía del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos (Trozzi 2015 Anexo 1).

1.4.3 Técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento y análisis de información

El análisis de la información tiene como fin comprender la realidad de la problemática de manera estadística con datos ya existentes (Vargas 2010, 157). Interesa el consumo de *diesel oil* de los buques mercantes para inferir en las consecuencias que estos generan.

1.4.4 Entrevista

La entrevista como herramienta es una técnica cualitativa (Hueso 2012) es muy utilizada en las distintas áreas del conocimiento donde se recoge la opinión del entrevistado (Campo y Gomes 2009). En este caso los personeros delegados por la DIRNEA, el Municipio de Guayaquil, y la Autoridad Portuaria de Guayaquil, como los principales actores quienes expondrán sus principales criterios o relatos sobre la problemática abordada.

La problemática fue abordada desde el punto de vista sobre lo que actualmente se tiene como ciudad respecto a la adaptación al cambio climático y lo que falta por hacer, respecto a lo cual se reconoció que los primeros documentos producidos son un diagnóstico de lo que falta por hacer, y que apenas funcionó al interior del municipio.

Las acciones concretas realizadas por el Municipio respecto a la calidad del aire en la ciudad de Guayaquil no han sido documentadas, sin embargo, se reconoce que se ha fortalecido las capacidades a nivel de funcionarios, para las proyecciones que se van a proponer en escenarios futuros.

1.4.5 Delimitación temporal y espacial

La tesina utiliza información sobre la cantidad de combustible consumido por los barcos durante los años 2019-2020. El estudio está delimitado a la ciudad de Guayaquil con relación a la superficie de influencia de los vientos que ingresan con contaminantes hasta 400 kilómetros (km) hacia el interior de la masa continental de esta ciudad.

El tiempo de incidencia sobre el problema de la calidad aire ambiente es analizado a partir de bases de datos construidas de acuerdo con periodos de tiempo entre el 2018-2021, de donde se rescatan los consumos de combustible, la concentración de azufre en el combustible y las emisiones de azufre en forma de material particulado, por combustible quemado.

1.4.6 Análisis estadístico

Los datos tabulados se manejaron con Excel para ordenarlos dentro de una matriz, y su procesamiento para la generación de información se implementó Statgraphics Centurión XVIII licencia libre, además del empleo de ecuaciones que permitan realizar los cálculos necesarios.

Pruebas

La Prueba de Kruskal-Wallis es una herramienta que permite comparar rangos entre categorías de datos, con la finalidad de contrastar hipótesis que asumen que se han obtenido k muestras de la misma población. A diferencia de la comparación de medias, en el análisis de varianza, la prueba de Kruskal-Wallis compara, si diferentes muestras están igualmente distribuidas y, por tanto, pertenecen a la misma distribución (población). Bajo ciertas

simplificaciones, se puede considerar que la prueba de Kruskal-Wallis compara las medianas de los niveles graficados (Amat, 2016).

Anova

Esta prueba estadística también conocida como análisis factorial se utiliza cuando se desea comparar las medias de dos o más grupos. La operación básica de Anova implica calcular la media de cada grupo y luego comparar, la varianza de estas medias, con la varianza promedio dentro del grupo o niveles escogidos para graficarse en Statgraphics (Amat, 2016).

1.4.7 Estudio retrospectivo

Un estudio retrospectivo es aquel que se caracteriza por presentar revisiones de bases de datos de años anteriores o estudios que pueden confrontarse con documentos actuales, lo cual permite al investigador inferir resultados y realizar comparaciones (Sampieri, Fernández, y Baptista 2017). Para este estudio se revisó una matriz que sintetiza información básica de datos del Sistema de Gestión Marítima y Portuaria (SIGMAP) la que contiene registros del tráfico y el consumo de combustible por parte de los barcos de la Armada del Ecuador.

En este acápite se han indicado los métodos empleados para conocer los contenidos de marcos de las políticas públicas vigentes y la forma en cómo responden a un proceso metodológico cualitativo. En particular, alcanzar el objetivo de orden explicativo respecto a la incidencia de las estrategias de políticas frente al Anexo VI del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) (Anexo2). Luego, a través del método cuantitativo se utiliza información existente de la base de datos SIGMAP de la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos (DIRNEA). En concreto, lograr el objetivo de orden retrospectivo respecto al comportamiento de datos cuantitativos de una base de datos sobre las concentraciones de azufre en el combustible y de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) en la atmósfera entre 2018 y 2019. El estudio de caso es la ciudad de Guayaquil. Posterior a esto se discute sobre posibles líneas de acción de políticas que podrían implementarse.

Capítulo 2. Desarrollo del caso, resultados de la investigación

El presente estudio servirá para ayudar a tomar decisiones respecto al cambio climático y cómo sus efectos se relacionan con los problemas ambientales locales tales como la contaminación atmosférica en las inmediaciones al Puerto de la ciudad de Guayaquil, y su incidencia en los ecosistemas de manglar. Así como también las estrategias políticas sobre la adaptación al cambio climático y la implementación de las medidas regulatorias internacionales como las de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Se desconoce cómo la temática de la calidad del aire está influyendo en la atmósfera de la ciudad de Guayaquil, ya que el Anexo VI del Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) no ha entrado en vigor para la aplicación de sus normas en el Ecuador. De acuerdo con (Hilario Roman 2017, 18) se requieren de estrategias ambientales que incidan en la reducción de las emisiones de gases contaminantes frente a las necesidades localizadas en otras regiones de América del Sur. Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), proveniente de la quema de combustible *fuel oil* de los barcos están vinculadas con las concentraciones de azufre en la atmósfera. El MARPOL motiva a los países a controlar las concentraciones de azufre y nitrógeno en el combustible, tanto de barcos que zarpan como de los que atracan (OMI 2014).

De acuerdo con (Delgado 2015,155) utiliza la analogía del metabolismo para conceptualizarlo como “metabolismo urbano”, por la asimilación de recursos vitales como el agua, el combustible y los alimentos, los cuales ingresan al proceso de consumo, y salen en forma de gases efecto invernadero, residuos sólidos y aguas residuales, esto lo ejemplificó para ciudades con grandes poblaciones, patrones que también se repiten en ciudades pequeñas. El autor concluye demostrando que a mayor intensidad metabólica los problemas ambientales se reflejan en la incapacidad de gestionar las aguas residuales y la contaminación atmosférica.

En el caso de la ciudad de Guayaquil, el crecimiento del Puerto, así como su parque automotor, son elementos que aportan significativamente con residuos a la atmósfera, las plantas de tratamiento de aguas residuales son actualmente un problema para la ciudad ya que las urbanizaciones privadas asentadas sobre la vía a la costa, tienen que cumplir con los límites permisibles de carga de éstas y los límites permisibles de las aguas que están tratando y expulsan a cuerpos de agua como el Estero Salado.

2.1 Contextualización y particularidades relativos al MARPOL y el óxido de azufre

Este texto se enfoca de manera particular en la Regla 14 contenida en el capítulo III de las Prescripciones para el control de las emisiones de los buques de óxidos de azufre (SOx) (Anexo VI de MARPOL 73/78 445). Así mismo dentro de la regla 2 del mismo, Anexo en el numeral 11 respecto al concepto de *Zona de control de las emisiones de SOx* se describe el valor del espacio necesario para adoptar medidas especiales que son obligatorias para prevenir, reducir y contener la procesos de contaminación atmosférica por SOx así como el impacto sobre las zonas terrestres y marítimas, lo que está relacionado con la Regla 14 denominada óxidos de azufre (SOx) donde señala que el contenido de azufre en el *fuel oil* que se utilice en los buques no excederá del 4,5 % masa/masa (MARPOL 2002, 445).

Como herramienta para el manejo de sitios con alta incidencia de contaminación atmosférica por la actividad marítima se rescata lo establecido en el MARPOL¹ donde se describe que toda propuesta incluirá un conjunto de acciones como:

La conformación de zonas especiales para sitios donde las emisiones de óxido de azufre (SOx) pueden tener afectaciones a la salud previo a un inventario que demuestre que esta afectación es tanto para depósitos atmosféricos y su deposición inciden en zonas marinas y terrestres, demostrando los grados de afectación de éste a través de estudios de diagnóstico donde consten las metodologías utilizadas, y el reconocimiento de los factores físicos que inciden en los niveles de acidificación y su relación con el tráfico naviero; así mismo es necesario se reconozcan las medidas de control a emplearse por el Estado Contratante de acuerdo con las emisiones de SOx, relativas a la regla 14 anexo VI del Convenio MARPOL (MARPOL 2002).

2.2 El Puerto de Guayaquil

Guayaquil es una ciudad rica en naturaleza, paisajes, combinada con la capacidad de permitir la apropiación de los recursos que ésta genera, recursos que nos parecen tan simples como el aire que respiramos, la ciudad no es costera están detrás del delta del Guayas y rodeada por el río que lleva su nombre y se vuelve ría con las mareas, la ciudad del estero salado, brazo de mar que la inunda y nos cobija con sus manglares, y alimenta con los recursos ícticos que trae el río y la ría.

¹ https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_MARPOL_73_78.pdf

El dinamismo de esta ciudad se combina con la utilización de sus recursos, el aire que se respira, podemos decir que noche a noche se restablece para comenzar al día siguiente, pero que tan cierto es esto cuando sus edificios no logran la autolimpieza y sirven de acumuladores de hollín, los vientos alisios ingresan por el suroeste cargados de material particulado ultrafino (SO₂, NO_X, entre otros), el sur de la ciudad perdió una parte de esos filtros naturales, las invasiones cambiaron la categoría del uso del suelo, las salinas y los manglares ahora son zonas urbanas, en la década de los 70 estas zonas fueron convertidas en muladares, los rellenos y la marea peleaban para lograr un espacio, todo motivado por la política del momento.

El sur de Guayaquil, el final de lo urbano se choca con los límites de la conservación, no existe espacio de amortiguamiento, solo una pared o un hito son el símbolo de que no puede pasar, de que ahí está el manglar, la zona intermareal, las esclusas el estero, el puerto de Guayaquil, el ruido infernal que provoca el tránsito pesado que lleva o trae carga, las emisiones de contaminantes están en 24/7.

Los cambios después de 10 años de lucha con el relleno de dos metros de alto para ganarle a la pleamar, por los esfuerzos ciudadanos, al final los cambios ocurrieron, los políticos devolvieron el favor del voto, lo más barato usar el dragado del río para cimentar todo este territorio, pero no lograron consolidar la calidad de vida, hay escasez de espacios verdes, el paisaje se fragmentó, el hacinamiento no se ha superado, y el límite con el puerto se encuentra en el traspatio de las casas de los guasmos.

Problemas a la salud relacionados con la calidad del aire ambiente no se han reportado, pero la OMS, (2005) declara que las afectaciones están vinculadas con el desarrollo de alergias, rinitis y enfermedades recurrentes del aparato respiratorio. Los gastos del estado deben evidenciarse con políticas de prevención para la salud de los ciudadanos que habitan en zonas con alta carga contaminante en su atmosfera, al desconocerse los grados de afectación el Estado no invierte en prevención si no en curar enfermedades que se presentan con cuadros recurrentes en la población.

La calidad del aire ambiente en el sur de Guayaquil, precisamente sus puertos, no está legalmente reconocido como un problema (Plan Cantonal, en prensa), ya que dentro de la planificación municipal no se reflejan acciones para su control. No se debe confundir valores de las concentraciones de los gases efecto invernadero en fuentes puntuales, como las

chimeneas. Lo importante es conocer el conjunto de estas emisiones reflejan para la calidad de vida de los pobladores y de los ecosistemas.

2.3 Revisiones sobre la calidad del aire en Guayaquil

Los primeros estudios sobre la calidad del aire en la ciudad de Guayaquil, se le pueden atribuir a la Fundación Natura Capítulo Guayaquil, que contrató los servicios de la empresa consultora Eficacitas, ésta en su informe del (2005-2007), calculó que 21000 toneladas por año de azufre se producen en la ciudad siendo las termoeléctricas responsables del 58,9 %, a la industria manufacturera le corresponde el 20 % y las fuentes móviles como vehículos a diésel el 20 %; el autor aclara que no está regulado el impacto que estas generan en conjunto, solo se analiza de manera aislada la generación de dióxido de azufre (SO₂), lo cual está dentro de los rangos permitidos por la norma ecuatoriana que es de 1650 milígramo/metro cúbico (mg/m³).

En Guayaquil no se ha logrado hasta la presente fecha reconocer que resultados se han obtenido sobre la calidad del aire en la ciudad y los datos que se mantienen son de hace dos décadas, investigaciones realizadas por Eficacitas, quien hace un análisis de que tipo de emisiones al aire se lanzan a partir de la determinación de actividades por uso de suelo, sectorizando a la ciudad por la instalación de industria que generan gases efecto invernadero. De manera paralela el autor también señala que uno de los principales contaminantes es el monóxido de carbono con un 87 % de emisiones atribuibles a los vehículos. Además de señalar que los problemas de contaminación se encuentran en la isla Trinitaria, Trinipuerto, Cerro Blanco y Cerro Azul.

Para el 2018 Quevedo y colaboradores publican resultados de los hallazgos sobre las concentraciones de SO₂ y cómo este se relaciona con la calidad de vida de los manglares que rodean el puerto de Guayaquil, además de utilizar como referencia o control la calidad del aire del estuario interior del Golfo de Guayaquil, sitio ubicado a seis millas del puerto de Guayaquil, en sus resultados concluye que la distribución del SO₂ es homogénea entre las dos áreas de estudio ya que las concentraciones no varían entre los sitios, pero utiliza a las proteínas y los pigmentos fotosintéticos como bioindicadores de la calidad de los manglares, y establece diferencias significativas entre el control y el puerto de Guayaquil, atribuyendo éstas diferencias a la lluvia ácida que se produce en el Puerto.

El Plan Plurianual Institucional de inversión 2019-2023 del Municipio de Guayaquil² dicta la misión, visión y objetivo general, enfocado en satisfacer las necesidades del vecindario basado en la convivencia urbana, con apego a las normas nacionales, de este se desprende que el enfoque como cambio climático puede estar atendido en el marco de la Gestión de Riesgos, bajo la premisa de: Identificar las áreas de riesgo del cantón basados en las normativas municipales y el Plan de Ordenamiento Territorial [ítem 137]; Atender las familias damnificadas por eventos adversos a través de ayuda humanitaria. [ítem 138]; y Fortalecer la capacidad administrativa, logística, técnica y operativa de la Dirección de Gestión de Riesgos y Cooperación [ítem 139].

La calidad del aire para la ciudad de Guayaquil es proporcionada por varias redes (Tu tiempo net, *The Weather Channel*, Calidad del aire en el mundo, Calidad del aire, entre otras), todas señalan que la información es tomada de estaciones existentes, y en caso de no haber para la ciudad que se solicita lo que se ha realizado es un extrapolación, además de aclarar que mucha de la información de los gases efecto invernadero se sustentan en el material particulado 2,5 que lo consideran como el principal contaminante.

2.4 Participación del gobierno autónomo descentralizado (GAD) Guayaquil y el cambio climático

Las competencias ambientales del Municipio de Guayaquil están limitadas solo a la ciudad de Guayaquil, y no se aborda el tema portuario por ser estas competencias de la Subsecretaría de Puertos, es decir todos los barcos están bajo este régimen, y la política de MARPOL que fue incorporada en su totalidad a través de un decreto ejecutivo (Registro Oficial No. 869, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 14 de diciembre de 2012) El Inventario de la Huella de Carbono (CAF 2017, 19) elaborado bajo el pacto global de alcaldes, donde participaron un conjunto de ciudades, entre esas Guayaquil, lo que se aborda es relativo al consumo de energía del Muy Ilustre Municipio de Guayaquil sobre la cantidad de combustible diésel y gasolina que se utiliza dentro de la entidad, el único elemento de interés para este análisis, ya que también se abordan otros temas como la huella hídrica por ejemplo. La empresa pública de turismo que tiene su sede en el Municipio de Guayaquil (Empresa Pública Municipal de Turismo de Guayaquil 03 de marzo de 2022) las competencias directas sobre la cantidad de barcos de turismo que atracan en el puerto de Guayaquil son gestionadas por ésta, respecto a los cuales se desconoce los mecanismos que emplean sobre las normas

² En <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/Documents/Documentos%20Varios/2020/agosto/PPI%202020.pdf>

ambientales para la calidad del aire ambiente al momento de arribar al puerto (Ministerio de Transporte y Obras Públicas 29 de abril de 2017), los datos colectados registran un promedio de tres a siete barcos al año entre los periodos del 2017 hasta la actualidad (Ministerio de Turismo 04 de febrero de 2020).

El municipio de Guayaquil tiene dentro de sus metas arborizar la ciudad, el desarrollo de áreas verdes, la inserción de áreas naturales protegidas y bosques protectores dentro de la ciudad la convierten en uno de los sitios que va abarcando procesos de residencia y adaptación a futuros escenarios de cambio climático. La CAF (2018, 9) realizó un diagnóstico sobre la vulnerabilidad de la ciudad de Guayaquil y se midió desde la capacidad de adaptación al cambio climático de las parroquias urbanas y la posibilidad de desarrollar mecanismos de resiliencia, uno de los análisis realizados sobre la vulnerabilidad del Puerto de Guayaquil al Cambio Climático está enfocado desde la afectación a su infraestructura y se presentan propuestas como el dragado y el mantenimiento del canal de acceso al Puerto marítimo.

La Provincia del Guayas a través de la Prefectura del Guayas y el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE) (12 de octubre 2021) mediante el proyecto denominado FASE I Diagnóstico estrategia provincial de Cambio Climático desarrollaron un diagnóstico sobre la vulnerabilidad social económica y ambiental de los principales cantones direccionando el análisis a las zonas boscosas, cuerpos hídricos, cerros, cobertura de áreas protegidas y microcuencas (CIFEN 2012).

El cantón Duran ha desarrollado la iniciativa para el establecimiento de ciudades resilientes denominada “Resiliencia Climática para Durán” con la finalidad de diseñar estrategia de adaptación para riesgos hidrológicos, se persigue conformar un sistema de manejo de riesgo climático para la ciudad a través de la evaluación de riesgos y amenazas, a partir de tres factores: inundaciones, deslizamiento de masas y exposición de islas al calor (Instituto de Investigación Geológico y Energético 23 febrero de 2022).

La contaminación atmosférica en la ciudad de Guayaquil está vinculada con la actividad naviera y la alta carga vehicular que se presenta en la ciudad, los efectos de la contaminación provenientes del puerto por las afectaciones presentadas en los barrios que los rodean y en el notorio deterioro de los manglares que están estrechamente vinculados a los puertos.

Estudios realizados sobre las concentraciones de SO_x en el Ecuador están limitados al puerto de Guayaquil lugar en el que se determinaron flujos de azufre atmosférico en el 2017 con medias de 1,52 y 1,01 kg/ha/año durante la época seca y lluviosa respectivamente. Para la época seca (Quevedo y otros 2017,33), en el semestre de 2018 en la ciudad de Guayaquil, determinaron de 0,3 a 9,87 kilogramos por hectárea anuales (kg /ha/año). Además de haber categorizado sitios por uso de suelo, explicando que la distribución del azufre es homogénea en la superficie de estudio (Quevedo y otros 2019, 18).

La problemática sobre las concentraciones de las emisiones a la atmosfera proveniente de la quema de combustibles fósiles en la zona portuaria de Guayaquil es competencia de la Dirección Nacional de Espacios Acuáticos (DIRNEA) de la Armada del Ecuador, entidad que trabaja en la generación de informes técnicos jurídicos, financieros, operacionales, acordes a las necesidades de cada institución vinculante con el control del contenido de azufre en el combustible *diesel oil* de los barcos, actividad que la desempeñan junto a la Dirección de Hidrocarburos (Comité de protección del medio marino (MEPC), 73º periodo de sesiones, del 22 al 26 de octubre de 2018).

Instrumentos legales vinculados con la calidad del aire en el Ecuador no existen, solo se controlan las emisiones en fuentes fijas como las chimeneas y en recintos cerrados (Anexo VI de la Calidad del Aire Ambiente). La nueva propuesta para los puertos de Guayaquil es la implementación de carros y grúas eléctricas, así como también las electrolineras que motivan al cambio de la movilidad, al menos para un reducido sector del servicio público (El Comercio 08 de noviembre 2019).

2.5 Calidad del aire en ciudades costeras

Las ciudades son responsables del 71 % de las emisiones globales de carbono relacionadas con el consumo de energía, éstas pueden convertirse en sitios cruciales para los esfuerzos de mitigación que los científicos sociales están analizando desde los costos humanos y económicos de las poblaciones vulnerables y en riesgo, se consideran como centros de riqueza e innovación ya que cuentan con las herramientas y los recursos para hacer frente al cambio climático, el enfoque holístico es asumido por todos los actores claves y motiva a la incorporación de procesos relativos a la mitigación, la adaptación y la planificación de desastres (Rosenzweig, Solecki, Hammer and Mehrotra, 2010, 909).

Las ciudades costeras o ribereñas son vulnerables a los efectos del Cambio Climático, como por ejemplo los aumentos del nivel del mar y las grandes marejadas afectarán a la infraestructura básica como puertos, malecones, entre otros. Para el 2050 las Naciones Unidas estiman que la población urbana mundial se duplicará de 3400 a 6300 millones, lo que representa la mayor parte de crecimiento en ese tiempo (Rosenzweig, Solecki, Hammer and Mehrotra, 2010, 910).

Las ciudades con rápido crecimiento, expansión demográfica, pobreza y contaminación será exacerbada su condición por el cambio climático, uno de estos efectos son las inundaciones y sequías que cada vez son más frecuentes e intensas, sin embargo, al estar concentradas sus economías se puede fortalecer la infraestructura y los servicios sociales, así como la gobernanza de múltiples niveles (Rosenzweig, Solecki, Hammer and Mehrotra, 2010 910). La vulnerabilidad de la sociedad está enfocada en la pérdida de los recursos naturales, y la dificultad de cuantificarla, generalmente se puede expresar esta pérdida habitualmente de forma personal, por grupos étnicos, formas de trabajo, niveles económicos, entre otros. La interacción entre la vulnerabilidad social y biofísica interactúan para repotenciar la vulnerabilidad general del lugar (Lampis 2013, 21).

El riesgo y la mitigación se reconocen como un peligro potencial, ya que interactúan para producir o visionar éste en el contexto geográfico como la altura o la aproximación en que se presentan los fenómenos, frente a la percepción de las vulnerabilidades biofísica y social, en un sitio determinado, lo cual entra en un ciclo que retorna como riesgo y mitigación. Los temas socio-ecológicos son considerados como un conjunto de subsistemas humanos y biofísicos, social y ecológico respectivamente, reconocido como los SES (Sistema Ecológico Social), importantes para el cambio y deben ser incorporados como temas de investigación, la vulnerabilidad, la resiliencia, y la capacidad de adaptación son diferentes manifestaciones de procesos más generales de respuesta a los cambios en la relación entre los sistemas dinámicos abiertos y su entorno externo (Gallopín 2006, 299).

Los impactos macroeconómicos de los desastres es una oportunidad, para atender procesos que habían sido dejado de lado, la política actual está enfocándose en proteger a las personas vulnerables ante desastres inevitables, la crisis de los desastres son eventos excepcionales que operan fuera de la teoría y la práctica de lo “normal” (Schipper and Pelling 2006, 20), la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (UNISDR),

ha presentado el desastre como un elemento que impide el desarrollo y el crecimiento de los seres humanos (UNISDR, 2002).

La escasa implementación de tecnologías fundamentadas en conocimiento científico no brinda oportunidad para la diversificación del empleo y la participación equitativa de hombres y mujeres, a pesar de la diversidad de materia prima que se extrae para lograr el desarrollo, a partir de procesos extractivistas en la región de las Américas. De igual manera existen otros factores que influyen directamente en las mujeres como el acceso al agua, a la tierra, a créditos, la capacitación, entre otros, (Aguilar Revelo 2021, 9) muchas mujeres están expuestas a la pobreza crónica, ya que el cambio climático se convierte en una carga adicional aun siendo estos moderados y pueden experimentar la erosión de activos, círculos de pobreza y limitar su capacidad de adaptación.

En el caso de las ciudades, algunos aspectos del cambio climático pueden verse amplificadas, en particular el calor, ya que las zonas urbanas suelen ser más cálidas que sus alrededores y las inundaciones debido a episodios de precipitaciones intensas y al aumento del nivel del mar en las ciudades costeras (IPCC 2018).

Los desafíos propuestos por la humanidad como los objetivos del Desarrollo del Milenio y los objetivos del Desarrollo Humano, para enfrentar al cambio climático, difícilmente han logrado cumplirse, ya que no están integrados, y las estrategias políticas al ser abordadas de forma independiente se han convertido en procesos redundantes o conflictivos provocados por el traslape de funciones interinstitucionales frente a las diferencias intelectuales, de lenguaje, el método y la relevancia política (Schipper and Pelling 2006, 1).

2.6 Resultados de la aplicación de la estrategia metodológica al caso de estudio

A continuación se exponen los elementos esenciales recogidos de varias publicaciones que motivan la comprensión sobre la calidad del aire ambiente en la ciudad de Guayaquil, con datos tomados en campo y llevados al laboratorio para su posterior análisis, y la relación de la afectación de las especies de manglar que están en el área de influencia del Puerto, contrastado con la base de datos de la DIRNEA respecto al volumen de combustible consumido y la cantidad de azufre emitido a la atmosfera.

Tabla 2. 1. Distribución de *R. harrisonii* y *A. germinans* en el área de estudio, agrupados por influencia de factores antrópicos

	Segmentación	Categorías Area Natural protegida	Limitan con	<i>Rhizophora harrisonii Lechman</i>	<i>Avicennia germinans</i>
Sitio 1	Parque Lineal		Principales vías vehiculares, urbe, y tránsito naviero menor.	x	x
	Puente Zig - Zag			x	x
	Club Náutico			x	x
Sitio 2	Isla Santay	Isla Estuarina	Tránsito naviero mayor.	x	x
	Eco Aldea			x	x
Sitio 3	Pto Hondo	Estero Salado de Guayaquil	Principal tránsito naviero del país, principal circuito vehicular, termoeléctricas, y urbe.	x	x
	3 Bocas, Emp. Púb. Petro			x	
	Aguas Calientes			x	x
Sitio 4	Isla Trinitaria (estero)	Estero Salado de Guayaquil	Principal tránsito naviero del país, principal circuito vehicular, termoelectricas, y urbe.	x	
	Isla Trinitaria afuera			x	
	Centro Cívico	Area recreacional	principales vías vehiculares, y urbe.	x	

Fuente: Proyecto FCI 0018 Relación de las características morfológicas de *Rhizophora harrisonii* y el SO₂ en el Puerto de Guayaquil.

De la revisión de los estudios presentados por el FCI 0018 (Tabla 2.1), que fuera desarrollado en diez sitios de las ciudades de Guayaquil y Durán, se relacionan las concentraciones de azufre identificadas, de acuerdo al uso del suelo como: parques lineales construidos a lo largo del estero salado dentro de la ciudad de Guayaquil y avenidas principales como la perimetral y la vía a la costa (Sitio 1), áreas naturales protegidas (Sitio 2), Área de influencia del terminal portuario de combustibles y termoeléctrica (Sitio 3), Área de influencia del Puerto de Guayaquil (Sitio 4); todos con presencia de dos especies de manglar *Rizophora harrisonii* y *Avicennia germinans*, de las cuales se caracterizaron las clorofilas, carotenoides y proteínas como bioindicadores de la calidad de estos frente a altos niveles de tráfico naviero, terrestres y actividad industrial.

Tabla 2.2. Medias de las concentraciones de azufre emitido por los barcos, presentes en el combustible y en la atmosfera y pigmentos fotosintéticos de *Avicenia germinans* y *Rhizophora harrisonii*, durante el 2018 – 2019

Meses	Combustible consumido	Azufre en combustible consumido	Emisión de azufre	S atmosfera	<i>Avicenia germinans</i>				<i>Rhizophora harrisonii</i>			
	L	g	Kg	mg/L	Clo a	Clo b	Carot	Prot	Clo a	Clo b	Carot	Prot
May	28.149,05	83,88	478,53	71,6	1,95	0,69	0,83	59,2	1,53	0,87	0,61	41,14
Jun	23.569,20	70,24	400,67	39,6	1,6	0,76	0,72	40,4	1,94	0,68	0,57	46,77
Jul	17.479,13	52,09	297,14	211,6	0,99	1,14	0,52	44,2	0,81	0,96	0,34	44,18
Ago.	21.407,96	63,8	363,93	65,6	1,9	0,49	0,59	51,9	0,92	0,2	0,35	49,14
Sep.	21.149,07	63,02	359,53	145,6	1,89	0,54	0,58	56	1,02	0,27	0,38	51,86
Oct	57.457,81	171,22	976,77	179,6	1,81	0,51	0,56	62,7	0,88	0,24	0,34	53,33
Nov	38.102,08	113,54	647,73	127	1,13	0,46	0,3	3,86	0,81	0,34	0,23	55,22
Dic	33.537,37	99,94	570,13	127	1,15	0,39	0,43	50,1	0,53	0,19	0,19	47,65
Ene	52.481,30	156,39	892,18	97	1,24	0,53	0,38	49,1	0,46	0,21	0,21	49,62
Feb	31.570,69	94,08	536,7	172	1,43	0,55	0,42	56	0,8	0,37	0,27	55,52
Mar	20.896,99	62,27	355,25	109,5	1,32	0,78	0,39	46,1	1,03	0,48	0,42	52,78
Abr	63.345,02	188,77	926,85	109,5	1,47	0,79	0,4	50,4	1,15	0,63	0,43	52,23

Fuente: Proyecto FCI 0018 Relación de las características morfológicas de *Rhizophora harrisonii* y el SO2 en el Puerto de Guayaquil.

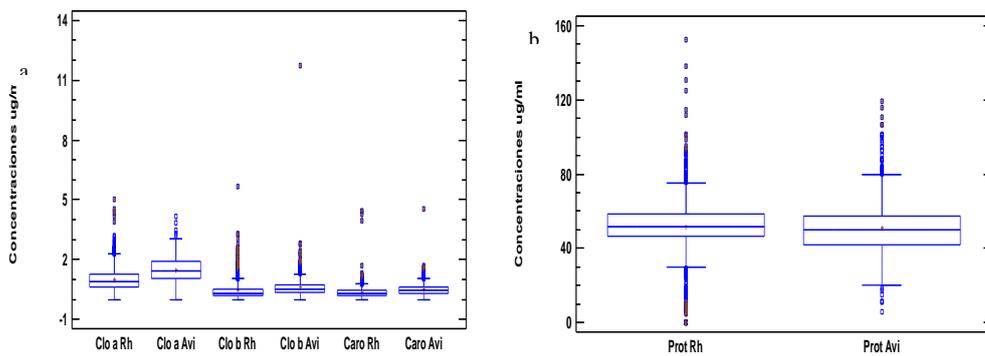
De la Tabla 2.2 se destaca el consumo de combustible para el periodo 2018-2019 más alto en abril, octubre y enero, 63.345,02 litros (L); 57.457,81 L y 52.481,30 L respectivamente, lo cual está directamente relacionado con la masa de azufre y la emisión, así como los flujos de azufre secos y húmedos. Las concentraciones anuales de los pigmentos fotosintéticos y de las proteínas varían significativamente sus medianas, en comparación de los doce meses de estudio, y el *p value* en las dos especies es significativamente inferior a 0.05, es decir son heterogeneas entre sitios, así como diferentes entre especies (Fig. 1a).

La relación entre las emisiones de azufre producto de la quema de combustible fósil por parte de los barcos que atracan en el puerto de Guayaquil vs la cantidad de azufre identificado en las áreas de influencia al puerto, se ha contrastado con bioindicadores como las clorofilas y proteínas presente en dos especies de manglar, con la finalidad de demostrar daños provocados por lluvia ácida; es importante también reconocer que los intercambios gaseosos de las especies de manglar no es el único factor que influye en su calidad, otros aspectos como la compactación del suelo y la calidad del agua aportan a su paulatino deterioro.

Las concentraciones medias para *R. harrisonii*, la clorofila *a*, *b*, y carotenoides sus concentraciones son inferiores a 1,0 – 1,2 microgramos por mililitro (ug/ml) respectivamente,

mientras que para *A. germinans* son superiores. En las dos especies *R. harrisonii* y *A. germinans*, las proteínas anualmente tienen una diferencia estadísticamente significativa inferior al *p value* 0,05, la mediana se sitúa en valores de 40 – 42 ug/ml de proteínas y los rangos de concentración son superiores en relación a *A. germinans* cuya mediana está entre rangos de 40 – 60 ug/ml, valores atípicos son predominantes en esta última especie (Fig1b).

Figura 1. Comparación de las concentraciones totales (a) de pigmentos fotosintéticos y de (b) proteínas en *R. harrisonii* y *A. germinans*



Fuente: Proyecto FCI 0018 Relación de las características morfológicas de *Rhizophora harrisonii* y el SO2 en el Puerto de Guayaquil.

Los rangos de las emisiones de azufre van desde 130 kilogramos (kg) hasta 210,7 kg, para los barcos de tránsito nacional, a diferencia de los barcos internacionales cuyo valor se registró en 19,48 a 190,4 kg. Los datos atípicos se registraron para los barcos remolcadores (TRB 3281) considerados estos como los que aportan con más contaminación.

Los barcos con TRB de 3830 – 3999 son los que más emisiones de azufre produjeron durante el período 2018-2019 con 210,7 kg de emisiones de azufre seguido del nivel 2 tonelaje de registro bruto (TRB) de 490 - 3500 el cual emitió 190,48 kg. Los puertos de zarpe con mayores emisiones de azufre son los de Guayaquil y Galápagos. El azufre presente en los gases de escape que se derivan de la quema del diésel oíl depende completamente de su concentración en el combustible, la combustión de este compuesto es completa y gran parte del azufre sale a la atmosfera como dióxido de azufre (SO₂) y al seguir reaccionando con el aire sigue formando sulfatos provocando en gran parte la lluvia ácida, ésta última provoca reacciones moleculares como las diferencias entre los pigmentos fotosintéticos y las proteínas.

Tabla 2.3. Flujos de azufre en *diesel oil* y concentración de azufre en la atmosfera 2018-2019

Años	Meses	Combustible consumido (L)	S en el combustible consumido (g)	Emisión de azufre (Kg)
2018	May	28.149,05	83,88	478,53
	Jun	23.569,20	70,24	400,67
	Jul	17.479,13	52,09	297,14
	Ago.	21.407,96	63,8	363,93
	Sep.	21.149,07	63,02	359,53
	Oct	57.457,81	171,22	976,77
	Nov	38.102,08	113,54	647,73
	Dic	33.537,37	99,94	570,13
2019	Ene	52.481,30	156,39	892,18
	Feb	31.570,69	94,08	536,7
	Mar	20.896,99	62,27	355,25
	Abr	63.345,02	188,77	926,85
	May	30.581,29	91,13	519,88
	Julio	23062	686,09	392,1
	Agosto	33735,7	1003,64	573,5
	2020	Septiembre	42183,82	1254,97
Octubre		34303,45	1020,53	583,2
Noviembre		38497,23	1145,29	654,5
Diciembre		64083,83	1906,49	1089,4
2021	Enero	83357,06	2479,87	1417,1
	Febrero	20018,87	595,56	340,3
	Marzo	66862,03	1989,15	955,2
	Abril	30707,71	913,55	703,5
	Mayo	51438,15	1530,28	874,4

Fuente: Delgado y Klingler, 2019 y Sanchez y Chango 2020

Del análisis al combustible consumido por los barcos para los periodos 2018 al 2021 lo que se observa en la Tabla 3 es que el incremento es del 50 %, lo que también coincide con la cantidad de azufre emitido por la quema de combustible y en los flujos de azufre en la atmosfera. El promedio de combustible consumido para periodo del 2018-2019 es de 33.825,15 L por embarcación en relación con los 40.687,49 L 2020 – 2021, las emisiones de azufre a partir del combustible consumido fueron de 563, 48 kg y 691,69 kg respectivamente, la información fue generada a partir de la base de datos del SIGMAP de la DIRNEA de la Armada del Ecuador (Por publicarse, 2022) (Tabla 2.3).

Uno de los instrumentos vinculantes de la OMI con el Ecuador, está descrito en la Resolución SPTMF 360/12 que en base al Decreto Ejecutivo No. 1087 del 07 de marzo de 2012, la Subsecretaria de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial del Ministerio de Transportes y

Obras Públicas, resolvió dictar las normas para la conformación y funcionamiento de los Comités de la Autoridad Marítima Internacional; dentro de éste se rescata que una de las obligaciones están relacionadas con la prevención de la Contaminación para lo cual refieren el Código de IIO OMI art. 7.1, CONVEMAR art 94.2, Resolución OMI A. 847(20) (Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y fluvial. 2012, 2).

Tabla 2.4. Contenido de azufre en diversos tipos de combustible utilizado por los barcos mercantes

Nombre	Composición	Máximo contenido de azufre	Contenido de azufre medio
<i>Fuel oil 380</i>	98 % aceite residual 2 % aceites destilados	4,50 %	2,67 %
<i>Fuel oil 180</i>	88 % aceite residual 12% aceites destilados	4,50 %	2,67 %
<i>Diesel oil marino</i>	Aceites destilados con muestras de aceite residual	2,00 %	0,65 %
<i>Gas oil marino</i>	100 % aceites destilados	1,50 %	0,38 %

Fuente: Trozi Carlo, 2015

2.7 Marco político para la gestión del cambio climático en el país

Según el Ministerio del Ambiente (2012) la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025 proporciona instrumentos o mecanismos para la gestión del cambio climático y señala avances como: la inclusión de referencias específicas sobre el tema en la actual Constitución de la República y en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009- 2013; la declaración de la adaptación y mitigación al cambio climático como Política de Estado; el establecimiento de una instancia de gestión pública para el manejo del tema a nivel de Subsecretaría de Estado y dentro del Ministerio del Ambiente.

Además, la inclusión de referencias específicas en distintos instrumentos de política y planificación sectorial que contribuyen con la gestión sobre cambio climático; y la creación de una instancia de alto nivel para la coordinación y articulación intersectorial de la gestión sobre cambio climático: el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC), todo esto planificado en una visión para el 2025; dentro de la cual el Ecuador apostó a la aplicación de las Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), como respuesta a los compromisos

asumidos en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) cuya finalidad es no excederse de los 2 grados centígrados en la temperatura del planeta.

2.7 Estrategias locales existentes con potencialidad a ser implementadas

La planificación contemplada para la Estrategia Nacional de Cambio climático debe actualizarse cada cuatro años hasta el 2025 y analiza los sectores como la agricultura, ganadería y soberanía alimentaria, la pesca y acuicultura, salud, los recursos hídricos, ecosistemas naturales, grupos humanos vulnerables, turismo, infraestructura y asentamientos humanos. Para el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se identifican los sectores como la agricultura, el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura, energía, manejo de desechos sólidos y procesos industriales, se consideran como un marco de referencia para el Plan Nacional de mitigación con la finalidad de reducir las emisiones de GEI. Los que promovieron la creación del Plan Nacional de Adaptación para crear y fortalecer la capacidad del que pueda afrontar los impactos negativos del cambio climático y la creación de un sistema integral de gestión de riesgos.

Los procesos de recopilación de información comenzaron el 2017 y consistió en identificar los actores claves y sus roles, así como las iniciativas sectoriales y el desarrollo de la infraestructura institucional, así como también la construcción de escenarios “incondicional y condicionado, y planteamiento/priorización de medidas y líneas de acción para la construcción de su primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), la cual debe ser diseñada con la participación de actores que sean agentes de cambio y el fomento de compromisos o el acompañamientos en la formulación de la NDC.

2.8 Propuesta estratégica local para la adaptación al cambio climático vinculado a las emisiones de óxidos de azufre en el puerto de Guayaquil

La Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) puede ser una herramienta local aterrizada como un compromiso del ente municipal por estar desconcentrada sus funciones ambientales y asumirse en conjunto con el Ministerio de Transporte junto a la Autoridad Portuaria de Guayaquil, con la finalidad de proponer metas claras y ambiciosas respecto a la reducción de los gases efecto invernadero dejando establecido como la disminución de los gases contribuye al objetivo principal del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). También contendrá el horizonte de trabajo, la estrategia de

implementación, los mecanismos de monitoreo, así como la información cuantificable sobre mitigación, tales como:

- Punto de referencia incluyendo año base: el cual puede ser ejecutado a partir de la información básica sobre el consumo de combustible de los barcos y la calidad del combustible respecto al azufre.
- Periodos de implementación: se puede considerar como periodos a partir de análisis retrospectivos con las bases de datos existentes.
- Alcance sectorial, gases y cobertura geográfica: Desarrollar proyectos con la academia y los institutos de investigación para implementar procesos de monitoreo en las zonas del puerto de Guayaquil y áreas de influencia.
- Procesos de planeación: enfocados desde las necesidades de rectificación respecto a los resultados que se obtengan de los monitoreos, partiendo de momentos como la propuesta de reducir al 20 % los gases de efecto invernadero (GEI) y al 2030 lograr el 30 % de la disminución.
- Enfoques metodológicos, incluyendo aquellos para la estimación y contabilidad de emisiones antropogénicas de GEI y sus absorciones.

Conclusiones

La polución provocada por el azufre está estrechamente ligado con la calidad ambiental por la forma como este influye en la atmosfera, presentándose como flujos secos o húmedos provocando que el calor sea mayor, y actuando en conjunto con los gases efecto invernadero, así mismo su presencia es necesaria para las plantas ya que es parte de las cadenas moleculares, o porque sirve a las bacterias que las utilizan como alimento, y una vez degradadas se incorporan al suelo y se vuelve asimilable para las plantas, como gas en la atmosfera también es absorbido por las plantas y puede llegar a ser tóxico en recintos cerrados.

La calidad del aire ambiente se ve afectada cuando el azufre se presenta en la atmosfera como gas primario y luego se combina con el agua y vuelve a la tierra mezclado con el agua y atraído por la gravedad al suelo, esto es lo que se conoce como lluvia ácida, o en la época seca es dispersado por los vientos.

El Puerto de Guayaquil presenta datos atípicos respecto a la concentración de óxidos de azufre, los que superan los datos considerados normales para la Agencia Europea de la Calidad del Aire, de la revisión con los datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las unidades de medida son diferentes ya que se presenta en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y la media diaria establecida es de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el caso de la salud, actualmente se sabe que los efectos nocivos sobre la salud están asociados a niveles de dióxido de azufre (SO_2) muy inferiores, a los aceptados hasta ahora (OMS 03 de marzo de 2022).

Los puertos en la ciudad están manejados por un conjunto de actores, como la Subsecretaría de Puertos, la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos (DIRNEA), la Autoridad Portuaria de Guayaquil, y los instrumentos legales para su funcionamiento que van desde el marco político establecido por el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) hasta la adopción de los protocolos para el control de las contaminaciones por dióxido de azufre (SO_2) a partir del tráfico naviero; los controles por parte de la autoridad ambiental no se aplican de acuerdo a lo que se requiere respecto a la calidad aire ambiente mediante sistemas de monitoreo sensibles para el caso del azufre.

Cuando se trata de ecosistemas naturales o ciudades se analiza en kg/ha/año, situación que no se ha implementado en el Ecuador como medida para determinar niveles de contaminación, así de las revisiones realizadas por (Dale y Myron 1998) encontraron que los aportes atmosféricos de azufre (S) a los ecosistemas forestales varían ampliamente con menos de 1 kg S/ha /año para un ecosistema de abetos en Australia a más 80 kg/ha/año para sitios contaminados como Polonia y Checoslovaquia en Europa central.

Los manglares declarados como áreas naturales protegidas en Guayaquil están vinculados con la seguridad alimentaria, sin embargo, son los que reciben estos flujos por parte de los barcos navieros que circulan los 365 días del año las 24 horas del día, incidiendo en su calidad ya que está demostrado que el azufre presente en la atmosfera tiene una distribución homogénea; los valores reportados están entre los rangos de 0,3 a 9,87 kg/ha/año en los periodos 2017-2019, y como datos atípicos los valores fluctúan entre 10,68 a 14,43 kg/ha/año en sitios como puertos y áreas de desembarque.

Los procesos de contaminación atmosférica son escasamente estudiados a nivel local, o no son lo suficientemente atendidos por las instituciones, los estamentos públicos no han desarrollado nuevas políticas fiscales o no las han actualizado para que puedan ser implementadas de forma local, ni los países trabajan por acciones regionales.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático el (IPCC, 2018), las emisiones de gases efecto invernadero de origen antropogénico son consecuencia del crecimiento industrial, económico y demográfico, siendo los principales contaminantes de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, lo cual lleva a inferir a los expertos que este es un proceso de aproximadamente 800 000 años, pero a partir de la segunda mitad del siglo XX esto ha comenzado a impactar en las formas de vida del planeta, lo cual coincide con el desarrollo que actualmente hemos logrado.

Para el caso del Municipio de Guayaquil se requiere que se asignen presupuesto con miras a asegurar la solvencia de esta temática en las dependencias, pues tienen compromisos y metas que cumplir, como la estabilidad de zonas de la ciudad con riesgo de deslaves, o evitar la sobrecarga de contaminación atmosférica ya sea por las actividades portuarias, como por las relativas la circulación vehicular en sus avenidas.

La Política Nacional de la Calidad del Aire no recoge las metas de control de las emisiones a la atmosfera en el puerto de Guayaquil, originadas por la quema a combustible de los barcos. Esta tesina siguió la norma de la Guía de Emisiones para Buques para estimar su concentración, encontrando que los valores sobrepasan los estándares recomendados por la Agencia Europea de la calidad del aire. Además, las actuales políticas de calidad del aire no recogen indicadores biofísicos que reflejan en la clorosis y necrosis de los bosques de mangle; afectados por la lluvia ácida que se presenta en el Golfo de Guayaquil. Situación producida no sólo de la actividad naviera, sino por todas las actividades que queman combustibles fósiles.

Recomendaciones

A nivel local las personas no desarrollan conductas empáticas con respecto a procesos de adaptación y de mitigación que pueden ser aplicados por cada uno. Frente a los problemas actuales, la posición de cada una de las personas está relacionada con su nivel económico, educación, situación social, desempleo y otras problemáticas significativas en los países latinoamericanos con relación a los países desarrollados.

Los problemas por cambio climático como la vulnerabilidad de las ciudades costeras al incremento del nivel del mar, o el relleno de sitios como llanuras aluviales o zonas de amortiguamiento del agua, son indicadores de que los organismos seccionales no están controlando que estos sitios cumplan con su función ecológica, por lo tanto, las personas no visualizan a futuro los escenarios de riesgos, ni reconocen el valor de los servicios ecosistémicos.

La ciudad necesita atenderse desde las bases sociales para que estas motiven la formación de diversos colectivos como los ciclistas, los músicos, los restaurantes, las redes sociales entre otras, que disfruten de la ciudad y pueden motivar acciones vinculadas a los procesos de adaptación al cambio climático y resiliencia. Debido a que se requiere mayores zonas de vegetación, más programas de parques vivos, recuperar la vegetación de manglar que la rodea, como mecanismos que contrarresten las olas y focos de calor, el Estero Salado y la ría del Guayas son elementos claves para lograrlo.

Estas metas están vinculadas con los logros sociales propuestos en campaña y son la respuesta a la recolecta tributaria anual que realiza el cabildo, lo que se espera como población es que la inversión de estos recursos se refleje en las medidas de mitigación o contingencia necesarios para lograr que la ciudad ambiental enfrente problemas recurrentes de la ciudad, como las inundaciones o las olas de calor, que pueden aplacarse con medidas ambientales como el rescate de áreas verdes, incentivos a la energía limpia, entre otros; pero también a la sociedad, como el impulso a los colectivos sociales y las mesas de trabajo sobre calidad del aire urbano.

Las organizaciones gubernamentales y privadas que pueden estar inmersas en aportar con información relevante y promover acción social, respecto al conocimiento sobre el tema del

cambio climático deben estar conformadas por un grupo de expertos técnicos, académicos, políticos y la comunidad urbana en general.

La expectativa es que el desarrollo económico sea pensado desde las medidas de adaptación al cambio climático. El monitoreo permanente de la concentración de los contaminantes por varios años ofrecería una visión de un área específica de la ciudad como los puertos, pero también permitiría reconocer que los problemas de contaminación tienen varias fuentes, tales como la vehicular o industrial. Es necesario elaborar una línea base permita a soluciones participativas en el corto, mediano y largo plazo.

Lista de abreviaturas

CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CIFEN	Centro de Investigación Fenómeno Niño
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
CONGOPE	Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador
CONVEMAR	Convención del Mar
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina (antes Corporación Andina de Fomento).
DIRNEA	Dirección Nacional de Espacios Acuáticos
FCI	Fondo Complementario de Investigación
GEI	Gases Efecto Invernadero
IPCC	panel Intergubernamental de Cambio Climático
kg/ha/año S:	kilogramo por hectárea por año de azufre
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
MARPOL	Políticas del Mar
MEPC	Comité de Protección del Medio Marino
N	Nitrógeno
NO _x	Óxido de nitrógeno
NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas
mg/m ³	miligramos por metro cúbico
OMI	Organización Marítima Internacional
Ppm	parte por millón
P	Fósforo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
IGMAP	Sistema de Información Geográfica
SO _x	Oxido de Azufre
SO ₂	Dióxido de Azufre
SO ₄	Sulfato de Azufre
SPTMF	Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNISDR	Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para Desastres

Lista de referencias

- Amat, J. (2016, January). *ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias*
- Aguilar Revelo, Lorena .2021 "La Igualdad de Género Ante el Cambio Climático ¿Qué Pueden Hacer América Latina y El Caribe?". *Cepal*. Santiago de Chile.
- Betancourth Luzón, Katherine, y Luque Ashley Cajas. 2019. "Determinación de SO₂ en zonas con alta incidencia vehicular de Guayaquil y durán durante la época lluviosa y plan de acción para el control de emisiones ". (Trabajo de Titulación Universidad de Guayaquil).
- Fu Bo, Li Bengang, Gasser Thomas, Han Yunman, Peng Siyuan y Xu Jing.2016. "The contributions of individual countries and Regions to the global radiative forcing". *PNAS* 6 pp. Vol 118 No. 5 [https://www.pnas.org/lookup/suppl/ doi:10.1073/pnas.2018211118/-/DCSupplemental](https://www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.2018211118/-/DCSupplemental).
- Consultora Eficacitas (05 de junio de 2008) "Un entorno contaminado", consultado en:
- Robbins, P. 2013. "Ecología política: hacia un mejor entendimiento de los problemas socioterritoriales". *Economía, sociedad y territorio*, 13(42), 561-569.
- Calle Cabrera, Doménica Katherine, y Montaña Sánchez Gissell Nohelí. 2019. "Valorización de cargas Críticas de Azufre en depósitos atmosféricos por métodos de turbidimetría e Las ciudades de Guayaquil y Durán" (Trabajo de Titulación Universidad de Guayaquil. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41587/1/Trabajo de Titulación Calle Domenica Montaña Gissell.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41587/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20Calle%20Domenica%20Monta%C3%B1a%20Gissell.pdf).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2018. "Segundo Informe anual sobre el progreso y los desafíos de la Agenda 2030 para el Desarrollo en América Latina y El Caribe" (LC/FDS 2/3reV.1). CEPAL." In *Foro de Los Países de América Latina y El Caribe Sobre El Desarrollo Sostenible.*, 184. Santiago de Chile. [E/RES/2016/12](https://observatoriop10.cepal.org) en agosto del 2016. <https://observatoriop10.cepal.org>.
- Comité de protección del medio marino (MEPC), 73º periodo de sesiones, del 22 al 26 de octubre de 2018. Organización Marítima Internacional
- Campoy Aranda, T. y E. Gomes Araújo. 2009. "Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos". Capítulo 10: 18.

- Corporación andina de Fomento (CAF). 2018. “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil”. *Banco de Desarrollo de América Latina* . Depósito legal: DC2018001500 ISBN: 978-980-422-099-9.
- Convery, F. J., & Redmond, L.2007. Market and price developments in the European Union emissions trading scheme, 88-111.
- Consortio de Gobiernos Provinciales del Ecuador (CONGOPE) Acuerdo de uso de información proyecto acción provincial frente al cambio climático.
- CIIFEN. Fase I: “Diagnóstico. Vulnerabilidad social, económica y ambiental de la provincia del Guayas”. Informe Técnico. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. Dirección de Medio Ambiente. Guayaquil, Ecuador (2012).
- Delgado Ramos Gian Carlo. 2015. “Ecología Política del Metabolismo urbano y los retos para la conformación de ciudades de bajo carbono”. *Una lectura desde América Latina. Crítica y emancipación*. Año VI No. 12 Pp., 149 -174. ISSN: 1999-8104.
- Delgado Ramos, Gian Carlo. 2015. "Complejidad e Interdisciplina En Las Nuevas Perspectivas Socio-Ecológicas: El Caso de La Ecología Política Urbana Anclada En Nociones Metabólicas". *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 17: 108–30.
- Delgado Ramos, Gian Carlo. 2013 "¿Por Qué Es Importante La Ecología Política?" *Nueva Sociedad*, No. 244: 47–60. <http://nuso.org/articulo/por-que-es-importante-la-ecologia-politica/>.
- Delaney, Steve C. "Los Convenios Sobre Productos Químicos y Desechos Peligrosos ". *Programa de Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente*. 2004.
- Domente, Elena. 2006. “La Ecología Política Urbana: una disciplina emergente para el análisis del cambio socioambiental en tornos ciudadanos”. *Doc. Anál. Geogr.* 48 2006 167 -178.
- El Comercio 08 de noviembre de 2019. “La primera electrolinera del Ecuador se inauguró en Guayaquil”.
- Empresa Pública Municipal de Turismo de Guayaquil. Consultada el 03 de marzo de 2022. <https://guayaquilturismoep.gob.ec/>
- Espíndola, César, & Valderrama, José O. 2012. *Carbon Footprint. Part 1: Concepts, estimation methods and methodological complexities*. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-076420120001000171caldía>
- Enfoque Estratégico. Atmosfera y Calidad del Aire. Consultado 10 marzo de 2022. Gobierno de España. Vicepresidencia tercera del Gobiernos. Minsiterio de la Transición

- Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/>
- Gallopín, Gilberto C. 2006. "Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity". *Global Environmental Change*. 16 (3): 293–303.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>.
- Hernández, Maricruz, Marco Encalada, y Susana Molina. 2010. "Plan Nacional de Calidad Del Aire". *Ministerio del Medio Ambiente*. Vol. 1.
- Hernández Sampieri, Roberto. 2014. Metodología de La Investigación. Edited by Mc Graw Hill. ed. México.
- Hernández Sampieri, Roberto, C. Fernandez Collado, P. Baptista Lucio. 2017. "Metodología de la Investigación". 6ta Edición. Mc Graw Hill. ISBN: 978-1-4562-2396-0. 634 págs.
- Hilario Nilda Roman. 2017. "Emisiones Contaminantes de Vehículos del Distrito de Huancayo". *Universidad Nacional del Centro de Perú*, 165.
- Hueso Gonzalez A. & M. J. Cascante y Sempere. 2012. "Metodología y Técnicas Cuantitativas de Investigación". *Cuadernos docentes en procesos de desarrollo* Número 1. 2012. Editorial Universitat Politècnica de València Primera Edición ISBN: 978-84-8363-893-4 (versión impresa) *Primera Edición*,
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. Resiliencia Climática para Durán, una iniciativa para el establecimiento de Ciudades Resilientes en Ecuador (23 febrero de 2022).
- INEC - Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2015. Camas y Egresos Hospitalarios. (Consultas Especializadas en línea, 28 de febrero de 2022),
- IPCC 2018. "El cambio Climático es generalizado, rápido y se está intensificando". Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2021/17/PR Comunicado de Prensa del IPCC 09 de agosto de 2021.
- Juárez M., R. Nava, E. Venancio, (n.d.). Aplicación de la Química Analítica en el Estudio de Metales Pesados por Espectroscopia de Absorción Atómica. Capítulo 2 Biología y Química Capítulo 2. Consultado el 10 de marzo de 2022.
https://www.cio.mx/archivos/compendio_de_investigaciones_cientificas_en_mexico/cap_2_Biologia_y_Quimica.pdf
- Lampis, Andrea. 2013. "Vulnerabilidad y Adaptación Al Cambio Climático: Debates Acerca el Concepto de Vulnerabilidad y Su Medición". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 22 (2): 17–33. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v22n2.37017>.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Especial 29 de abril de 2017. Consultado el 06 de

- marzo de 2022. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/RE_Cruceros_puertos-ecuatorianos.pdf
- Ministerio de Turismo Gestión Institucional. Silver Shadow, crucero internacional arribó a Guayaquil. 04 de febrero de 2020. Consultado el 06 de marzo de 2022. <https://www.turismo.gob.ec/silver-shadow-crucero-internacional-arribo-a-guayaquil/>
- Ministerio del Ambiente. 2012. Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025. República del Ecuador, Quito, Ecuador (primera edición, 500 ejemplares), 153 pp.
- Nairobi/Panamá, 07 de septiembre 2021. Aumentan las políticas nacionales sobre la calidad del aire, pero grandes brechas aún obstaculizan el progreso global hacia un aire más limpio. Consultado el 02 de marzo de 2022. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/aumentan-las-politicas-nacionales-sobre-calidad-del-aire>
- Nygren, Anja. 2012. "Ecología Política: Análisis Contextualizado Sobre El Medio Ambiente y La Sociedad". *La Naturaleza en Contexto. Hacia una Ecología Política Mexicana*, 11–20.
- Registro Oficial No. 869, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 14 de diciembre de 2012. Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y fluvial. 2012. Resolución-SPTMF-360/12. Guayaquil, Ecuador. http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/17_Res-Nro.-360-12-Comites-de-Autoridad-Maritima-Nacional-SCAN.pdf.
- Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart Chapin, Eric Lambin, Timothy M. Lenton, y col. 2009. "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity." *Ecology and Society* 14 (2): 34.
- Marpol, Organización Marítima Internacional. *Marpol 73/78 Edición Refundida, 2002*. 3era ed. Londres: Organización Marítima Internacional. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/17_Res-Nro.-360-12-Comites-de-Autoridad-Maritima-Nacional-SCAN.pdf
- Organización Mundial de la Salud. Contaminación del Aire Ambiente Exterior. Consultado el 03 de marzo de 2022.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Cantón Guayaquil (Actualización 2019 – 2023). Borrador. Consultado el 07 de marzo de 2022.
- Plan Plurianual Institucional de inversión 2019 – 2023 del Municipio de Guayaquil, consultado el 07 de marzo de 2022.

- Quevedo, Olga, Julia Cerón, Rosa Cerón, Bladimir Jaramillo, Maria. Calderón, Yana Inshivotkina, and Willan Revelo. 2018. "Morphological responses of *Rhizophora harrisonii* by pollution in the main port zone of Guayaquil – Ecuador". AIP Conference Proceedings 1982, 020023, 2018. doi: 10.1063/1.5045429
<https://doi.org/10.1063/1.5045429>
- Quevedo, Olga. 2021. "Relaciones entre las concentraciones de azufre atmosférico y la calidad del manglar de Guayaquil – Ecuador". Editorial Grupo Compás.
- Quevedo, Olga, María Calderón, Doménica Calle y Gissel Montaña. 2019. "Análisis de los depósitos atmosféricos de azufre durante la época seca en Guayaquil – Ecuador ". (Conferencia, Universidad Autónoma de México 28 – 30 de octubre de 2019). Instituto de Ingeniería de la UNAM Ciudad de México, México.
<http://www.congresoamica2019.com>
- Quevedo, Olga, Walter Sierra, Patricia Manzano y Patricia Barragán. 2018. Cuantificación de proteínas y clorofila como indicadores de polución en *Rhizophora harrisonii* en el Puerto de Guayaquil. *Revista Cumbres* Vol.4 N°2 Versión impresa ISSN 1390-9541. Versión electrónica ISSN 1390-3365
- Rosenzweig, C., W. Solecki, S. Hammer, S. Mehrota. 2010. "Cities lead the way in Climate – Change action". Vol. 467 *Nature* 911. 21 de octubre de 2010.
- Romero, H., C. Fuente, P. Smith. 2010. "Ecología Política de los Riesgos Naturales y de la Contaminación ambiental en Santiago de Chile:Necesidad de Justicia Ambiental". *Scripta Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales Vol. XIV, núm. 331 (52), 1 de agosto de 2010.
- Servicios Ambientales S.A. Serie Huella de Ciudades No. 6 Ciudad de Guayaquil. 56 págs. Corporación Andina de Fomento para América Latina (CAF). Depósito Legal: DC2020001187. ISBN:978-980-422-192-7
- Schipper, Lisa, and Mark Pelling. 2006. "Disaster Risk, Climate Change and International Development: Scopes for, and Challenges to, Integration". *Disasters* 30 (1): 19–38.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2006.00304.x>.
- Trozzi, Carlo. 2015. *EMEP / EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook - 2013 : 1 . A . 3 . d . I .*, Edited by Editorial: AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente). UNAM, Sección de Contaminación Ambiental del Centro de Ciencias de la Atmosfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. "Análisis del estado del arte sobre el depósito atmosférico en México y su relación con el cambio climático" 2017.México.
- UNDRR (Oficina de Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres. Marco de

Acción Para la implementación de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD) Junio del 2001. 2002.

Vian, A. Ortuño, 1994. "Introducción a la Química Industrial". Editorial Reverté, 63 1994.

Vargas, Zoila. 2010. "La Investigación aplicada: una Forma de conocer las realidades con Evidencia Científica". 33 (1,2009): 155–165.

Anexos

Anexo 1. Explicación de los cálculos realizados para la obtención de datos

La concentración de azufre a utilizar es de 3.5 ppm % masa, valor reglamentario obtenido de la normativa MARPOL Anexo VI de la OMI. La concentración de azufre en ppm % masa fue llevada a mg/L para efectuar los cálculos necesarios

Ecuaciones:

$$m = V * []$$

m = masa del contaminante en miligramos

V = volumen del combustible consumido en litros

[] = concentración del soluto

Se utilizaron factores de conversión para llegar a las unidades requeridas en miligramos gramos sobre litros.

$$m = V * \rho$$

m = masa del combustible en kilogramos

V = volumen del combustible consumido en litros

ρ = densidad del combustible en kilogramos por litro

$$E_i = \sum_m (FC_m * EF_{i,m})$$

E_i = emisión del contaminante en kilogramos

FC_m = masa del combustible

$EF_{i,m}$ = factor de emisión para el contaminante en kilogramos / tonelada

m = tipo de combustible

La ecuación 3.4.2.3 se obtuvo de EMEP/EEA, en esta normativa también consta el factor de emisión específico para óxidos de azufre $20 \frac{\text{kg}}{\text{tonn}}$ (Figura 1), en la misma indica que este valor puede tomarse como referencia para aquellos países donde todavía no se ha realizado o actualizado el inventario de emisiones atmosféricas.