

**Universidad Internacional del Ecuador**



**Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz**

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniero en Mecánica  
Automotriz**

**Índice de Kaya de las Emisiones de CO2 en la Provincia de Pichincha – Ecuador.**

**Nombre del Autor:**

**Oscar Andrés Ayala Martínez**

**Director:**

**PhD. Marcos Xavier Gutiérrez Ojeda**

**Quito, enero 2022**



## CERTIFICACIÓN

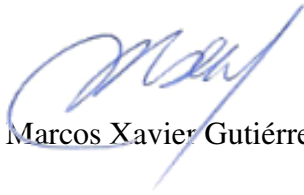
Yo, Oscar Andrés Ayala Martínez, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Oscar Andrés Ayala Martínez

Yo, Marcos Xavier Gutiérrez Ojeda, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Marcos Xavier Gutiérrez Ojeda, PhD

## **DEDICATORIA**

Esta investigación la dedico a mis padres, Galo quien me enseñó que el legado más importante que me deja es una educación de calidad y dos manos siempre extendidas para ayudarme ante cualquier adversidad en momentos buenos y malos, mi madre Blanca quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez y ambos quien con paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía para no temer las adversidades.

Finalmente quiero dedicar a parte de mi familia quien estuvo presente para brindarme ayuda siempre que lo necesité y a todos mis amigos, compañeros que durante estos cinco años me han apoyado en los momentos difíciles y han celebrado a mi lado cada victoria, siempre llevaré a estas personas en mis recuerdos y en mi corazón.



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a mis padres, a mis tíos por estar presentes todo este tiempo.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y profesores que se encontraron presentes a lo largo de mi carrera. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Dr. Marcos Gutiérrez, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	iii
<b>ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	8
<b>Palabras clave:</b> .....	8
<b>Abstract</b> .....	8
<b>Keywords:</b> .....	8
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	9
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	11
<b>4. RESULTADOS</b> .....	12
<b>5. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	13
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	14
<b>6. REFERENCIAS</b> .....	15
<b>ANEXOS</b> .....	17

# ÍNDICE DE KAYA DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA – ECUADOR.

*Oscar Ayala, PhD. Marcos Gutiérrez*

*Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador*

*osayalama@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

*magutierrezoj@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

*Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador*

## **Resumen**

La red de energía del Ecuador está compuesta principalmente de la generación de energía hidroeléctrica y de combustibles fósiles, solo una pequeña parte está compuesta de energías alternativas y limpias. En particular la Provincia de Pichincha es una de las zonas más pobladas del Ecuador y con más contaminación, en especial de CO<sub>2</sub> debido a su topografía, geografía y densidad poblacional. Para evaluar su nivel de contaminación, se calcularon los niveles de CO<sub>2</sub> por medio del índice de Kaya, el cual considera factores económicos, sociales y ambientales, en lugar de únicamente tomar en cuenta los valores resultantes de emisiones al quemar un determinado tipo de combustible. El propósito de la investigación es mostrar los valores y efecto de la interacción de las variables en un sistema dinámico, que permita reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, por medio de la eliminación de los combustibles fósiles y con el uso de energías alternativas y limpias. Se encontró que al eliminar los combustibles fósiles como fuentes de energía y al reemplazarlos con energía solar, hidroeléctrica y biodiésel, las emisiones de CO<sub>2</sub> serán prácticamente nulas y finalmente se detendría el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Palabras clave:** índice de Kaya, CO<sub>2</sub>, calentamiento global, consumo energético, energías alternativas.

## **Abstract**

Ecuador's energy network is mainly made up of hydroelectric power generation and fossil fuels, only a small part is made up of alternative and clean energies. In particular, the Province of Pichincha is one of the most populated areas in Ecuador and with the most pollution, especially CO<sub>2</sub> due to its topography, geography and population density. To evaluate its level of pollution, CO<sub>2</sub> levels were calculated using the Kaya index, which considers economic, social and environmental factors, instead of only taking into account the resulting values of emissions when burning a certain type of fuel. The purpose of the research is to show the values and effect of the interaction of the variables in a dynamic system, which allows reducing CO<sub>2</sub> emissions, through the elimination of fossil fuels and the use of alternative and clean energies. It was found that by eliminating fossil fuels as energy sources and replacing them with solar, hydroelectric and biodiesel energy, CO<sub>2</sub> emissions will be practically nil and eventually the growth of CO<sub>2</sub> emissions would stop.

**Keywords:** Kaya index, CO<sub>2</sub>, global warming, energy consumption, alternative energy.

## 1. INTRODUCCION

Las fuentes de energía eléctrica en el Ecuador son principalmente hidroeléctricas, seguidas de combustibles fósiles y una pequeña parte de energías renovables. En la actualidad cada una de las fuentes de generación de energía eléctrica, emiten CO<sub>2</sub>, en mayor o menor medida. El nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> se cuantifica con la cantidad que produce y consume en referencia a un factor de emisión, el mismo que toma como referencia a los combustibles fósiles.

De acuerdo con el Plan de Acción de Cambio Climático de Quito 2020 [1], para el año 2050 se plantean el objetivo de reducir casi 7.89 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, las mismas que fueron contabilizadas en el año 2015. Sin embargo, el Inventario de Huella de Carbono del Distrito Metropolitano de Quito 2015, publica el registro de una emisión neta de gases de efecto invernadero de 5.75 millones [2].

Las acciones propuestas en el mencionado plan de acción se resumen a continuación:

1. Viviendas sostenibles y ecoeficientes.
2. Estándares urbanísticos de acuerdo con el clima.
3. Parques y sectores residenciales ecoeficientes.
4. Descarbonizar las fuentes de energía.
5. Ocupar el suelo con principios de neutralidad climática.
6. Consumo eficiente del agua.
7. Infraestructuras resistentes al cambio climático.
8. Sostenibilidad de la tierra y proveer de servicios ambientales.
9. Consumo y agricultura sostenible y de acuerdo con el clima.

10. Monitoreo continuo del cambio climático.

11. Fortalecimiento de capacidades y de gobernabilidad.

12. Reciclaje.

13. Reutilización de desechos orgánicos.

14. Transporte público absolutamente ecológico.

15. Zona histórica con cero emisiones.

16. Transporte público eficiente.

17. Promover las caminatas y el uso de bicicletas para trasladarse de un sitio a otro.

18. Supervisión ciudadana del cambio climático.

19. Accesibilidad a todo nivel de servicios públicos.

20. Sistema de salud optimizado de acuerdo con los efectos y ritmo del cambio climático.

La investigación de Kim et al. [3] muestra las principales barreras y oportunidades para la transición a los biocombustibles desde un punto de vista social y tecnológico. Los principales hallazgos fueron: entender la percepción de lo que es en general una necesidad, la dificultad de cuantificar de modo objetivo las políticas del gobierno; así como también la valoración de la relativa efectividad de los biocombustibles. Las siguientes políticas fueron propuestas:

- Balancear el rendimiento económico y ambiental de los biocombustibles.
- Desarrollo de una certificación ambiental universal.
- Articular la demanda social con el establecimiento de puntos públicos de investigación y desarrollo.
- Permitir a pequeñas empresas concentrarse más en la aplicación de conocimiento en productos finales tangibles en lo que se refiere a biocombustibles.

Jiménez et al. [4] afirman que existe incertidumbre con respecto a la adopción de fuentes de energía alternativas, tales como la solar, eólica, entre otras. Esto aplica particularmente en lugares donde no existen políticas específicas sobre energías renovables. Si bien se han dedicado más investigaciones a evaluar el efecto de las políticas en la difusión de las energías renovables, algunos factores y condiciones retrasan el uso de fuentes de energía alternativas, especialmente en países donde las condiciones y políticas institucionales no favorecen las nuevas tecnologías. Sin embargo, la importancia de la educación y la información, explicando las campañas sobre los criterios de inversión, las tarifas de alimentación y los atributos ambientales con respecto a las fuentes alternativas de energía limpia y alternativa son parte de un sólido punto de partida.

El objeto de estudio de la presente investigación es la provincia de Pichincha en Ecuador, con la intención de tomar en cuenta regiones urbanas y rurales, ya que el tema de la contaminación atmosférica y calentamiento global no es selectivo. Para tratar y sostener el modelo de simulación se ocuparon datos a nivel provincial, apoyados por datos nacionales y propios de la ciudad de Quito. La solución se concentra en aumentar la participación de fuentes de energía solar, hidroeléctrica y de biodiésel.

Los contaminantes de biodiesel son menores que los combustibles fósiles y son más fáciles y rápidos de producir. Pero la demanda para su producción y explotación no está tan extendida como los combustibles fósiles, y el ritmo para introducir y probar nuevas tecnologías no está tan desarrollado ni es tan factible en la actualidad. La evidencia existente de tecnologías y procedimientos alternativos para

proporcionar energía de una manera más limpia, segura y ecológica no es suficiente para ser aplicada inmediatamente en la misma proporción. En una condición donde hay toneladas de desechos producidos con todo el potencial para ser utilizados como combustibles, en unidades de generación de energía existentes; tales como motores de combustión interna, hace que la investigación de nuevas tecnologías que aún no han madurado, puedan ser un obstáculo que retarde el proceso para encontrar una solución para la gestión de residuos contaminantes de modo inmediato.

La demostración aislada de tecnologías, métodos, estrategias, políticas y enfoques dista mucho de ser una solución sostenible. En un sistema compuesto por variables, condiciones y factores que influyen, el resultado de una interacción armónica es una función equilibrada de cada una de las variables de acuerdo con los objetivos e intereses de cada uno de sus individuos. El desarrollo a escala de una estrategia, método o procedimiento combina criterios y requiere la interacción entre las variables evaluadas y formuladas en un sistema dinámico en lugar de depender únicamente de datos históricos para realizar proyecciones matemáticas. La necesidad de identificar las variables, condiciones y escenarios que permitan la difusión y adopción de combustibles alternativos y fuentes de energía alternativa, tales como el biodiésel, paneles solares y generadores hidroeléctricos, es un requisito para aplicar con éxito tecnologías y procedimientos ya estudiados o que están en proceso de desarrollo. Es posible hipotetizar, que la eliminación de fuentes energéticas que emitan CO<sub>2</sub> a diferente nivel, permitirán reducir el nivel de crecimiento de este tipo de emisiones; pero no se eliminarían, sino que los niveles actuales de CO<sub>2</sub> se mantendrían, hasta que de modo natural este

gas se absorba y se transforme en oxígeno y carbono en el medio ambiente. El objetivo con el cálculo del índice de Kaya y su modelización con un método dinámico es el de determinar y cuantificar las variables que permitan evitar el crecimiento de las emisiones contaminantes que provocan el calentamiento global. Cuantificando los niveles actuales de emisiones de CO<sub>2</sub> por medio del índice de Kaya, en la actualidad, y validando esta realidad en un modelo dinámico, es posible hacer una proyección al futuro con mayor certeza y fundamento.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Con los datos de consumo energético primario, cantidad de CO<sub>2</sub> y producto interno bruto del Ecuador [5,6]; así como con el número de habitantes en la provincia de Pichincha [7], se estimó su consumo energético, producción de CO<sub>2</sub> y producto interno bruto a nivel provincial. La intensidad de la energía eléctrica en el Ecuador expresada en kW/USD, se calculó en base a los costos de energía eléctrica del Ecuador [8]. El vector energético de Pichincha se calculó con el cociente entre sus emisiones de CO<sub>2</sub> y su consumo energético. Finalmente, el índice de Kaya para la provincia de Pichincha se calculó con la Ec. 1 que se detalla a continuación:

$$CO2_{Kaya} = PIB + IE + VPE \quad \text{Ec. [1.1]}$$

Donde:

CO<sub>2</sub><sub>Kaya</sub>: Emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo con Kaya [Mill. Ton].

PIB: Producto Interno Bruto [Mill. USD].

IE: Intensidad de energía [kW/USD].

VPE: Vector energético [gr CO<sub>2</sub>/kW].

Con los datos de las fuentes bibliográficas y del cálculo resultante de la Ec. 1, se ingresan los valores iniciales y las ecuaciones de las variables en el sistema dinámico Fig. 1. A diferencia de la Ec. 1, el modelo dinámico, considera el factor de emisión de cada fuente de energía que se utiliza en Ecuador; así como su porcentaje de participación en el total de la red de abastecimiento de energía Tab. 1 [9].

*Tabla 1: Factores de emisión y porcentaje de uso de los diferentes tipos de combustibles que se usan en el Ecuador y que de los cuales se abastece de energía la provincia de Pichincha [9] (ver Anexo).*

En el modelo dinámico, que se lo construye con el software Vensim<sup>®</sup> [10], se consideraron factores de variabilidad, para simular condiciones más reales en donde esté presente la incertidumbre; en el modelo, esta se representa con números aleatorios. A la variable de absorción de CO<sub>2</sub> se le asigna un valor del 57%, de donde 25% corresponde al CO<sub>2</sub> que se absorbe en el océano y 32% se absorbe en plantas [11]. La referencia de tiempo que se considera para el consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> es de un año con su equivalente a 8760 horas. A diferencia de modelos determinísticos en donde no interfiere la incertidumbre, ni la interacción de variables de modo dinámico, la construcción de modelos de simulación de este tipo permite conocer la tendencia a crecer o decrecer de un cierto fenómeno, en este caso las emisiones de CO<sub>2</sub>. Aun cuando este tipo de simulación no presentan y tampoco tienen como objetivo dar un resultado exacto, son estas las que pueden mostrar la tendencia y comportamiento de un fenómeno en función de los variables y de su interacción en el modelo del que forman parte. En el presente estudio se determina el efecto que tiene a largo plazo mantener, optimizar y llegar a un estado ideal del consumo actual de energía con combustibles fósiles; así como

también con fuentes de energía no fósil contabilizada de modo equivalente.

FE: Eficiencia energética, expresada en función de la cantidad de CO2 que se produce por unidad de energía [gr CO2/kW]

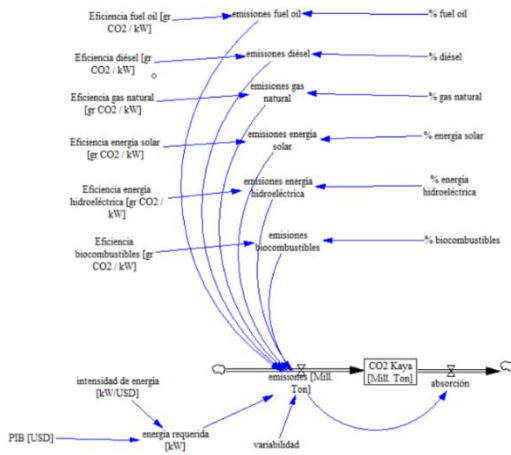


Figura 1. Modelo dinámico del índice de Kaya para la provincia de Pichincha en Ecuador.

Tabla 2. Variables, valores iniciales y ecuaciones del modelo dinámico (ver Anexo).

El modelo dinámico, toma consideración el factor de emisión FE, expresado como la eficiencia de una fuente energética para producir una cantidad determinada de CO2.

$$CO2\ Kaya = PBI \times IE \times FE \quad Ec. [1.2]$$

Donde:

CO2 Kaya: Millones de toneladas de CO2 calculadas de acuerdo con el índice de Kaya [Mill. Ton CO2].

PBI: Producto Interno Bruto [USD].

IE: Intensidad de energía, expresada como la cantidad de energía que se produce por unidad monetaria [kW/USD]

#### 4. RESULTADOS

Los valores del producto interno bruto, del consumo primario de energía, del vector de energía y de las emisiones de CO2, se muestran en las Figs. 2-4. La Fig. 4 compara las emisiones de CO2 calculadas a partir de los factores de emisión de los combustibles utilizados o de sus fuentes de energía equivalentes, y las calculadas con el índice de Kaya.

La figura 5, muestra el resultado de la simulación dinámica del crecimiento de las emisiones de CO2 bajo las condiciones actuales y óptimas; así como su mínimo crecimiento y prácticamente su estabilidad bajo condiciones ideales, en donde el abastecimiento, consumo y producción de energía con combustibles fósiles es nulo. La simulación valida la condición y realidad actual al obtener los mismos valores de CO2 de acuerdo con el índice de Kaya en el año 2021; con este respaldo, se procedió a hacer la proyección de emisiones de CO2 hacia el año 2051.

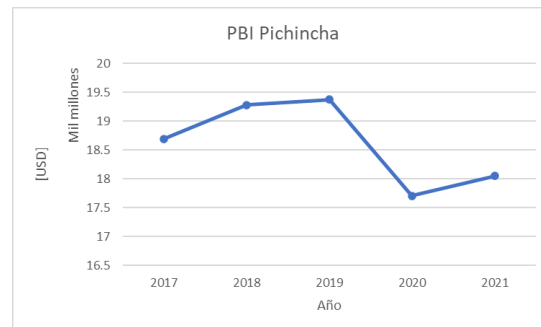


Figura 2. Evolución en los últimos 5 años del producto interno bruto en la provincia Pichincha – Ecuador.

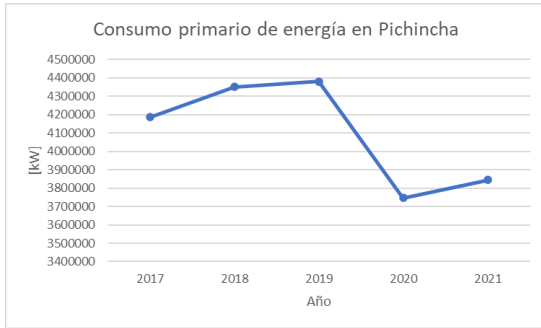


Figura 3. Evolución en los últimos 5 años del consumo energético en la provincia Pichincha – Ecuador.

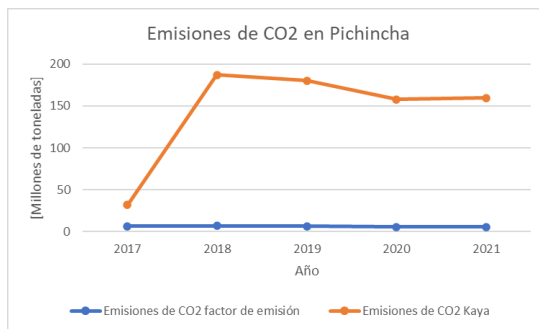


Figura 4. Evolución en los últimos 5 años en la provincia Pichincha – Ecuador, de las emisiones de CO<sub>2</sub>; tanto en base a los factores de emisión como al índice de Kaya. Las emisiones de carbono en función de los factores de emisión reflejan solo aquellas a través del consumo de petróleo, gas y carbón para actividades relacionadas con la combustión y quema de gas natural; mientras que las emisiones de acuerdo con el índice de Kaya, toman en cuenta el producto interno bruto, el consumo, costo y eficiencia de energía [6].

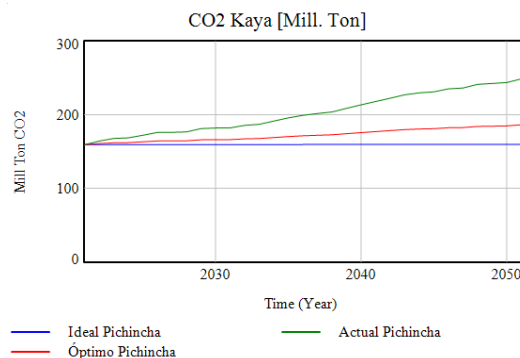


Figura 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> simuladas en función del índice de Kaya, expresadas en millones de toneladas, desde el 2021 y proyectadas al año 2051, en la Provincia de Pichincha en Ecuador. Los estados: actual, óptimo e ideal, corresponde a la red de energía para cada caso de acuerdo con la Tabla 1.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados se tomaron los valores de CO<sub>2</sub> de la simulación dinámica, calculados en base al índice de Kaya. Los valores corresponden a intervalos de 5 años, para en base a esto hacer un análisis de varianza y determinar los coeficientes de regresión.

Tabla 3. Valores de las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de la simulación dinámica en intervalos de 5 años, bajo las condiciones de consumo energético actuales, optimizadas e ideales (ver Anexo).

El análisis de regresión a un nivel de significancia de 0.05, muestra que los resultados son significativos ya que el valor crítico de significancia “Significance F” es mucho menor: 3.31E-06, 3.30E-06 y 2.67-06, para las condiciones: actual, óptima e ideal, respectivamente, en comparación con el nivel de significancia mencionado.

Tabla 4. Análisis de regresión de los resultados de la simulación dinámica bajo las condiciones actuales de consumo energético en la provincia de Pichincha – Ecuador (ver Anexo).

Tabla 5. Análisis de regresión de los resultados de la simulación dinámica bajo las condiciones óptimas de consumo energético en la provincia de Pichincha – Ecuador (ver Anexo).

Tabla 6. Análisis de regresión de los resultados de la simulación dinámica bajo las condiciones



*ideales de consumo energético en la provincia de Pichincha – Ecuador (ver Anexo).*

Tanto en las condiciones actuales como para las óptimas e ideales de consumo de energía, los valores del análisis de regresión “R Square” son de 0.99, lo que indica que a lo largo del tiempo las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen en gran medida de las condiciones bajo las cuales se consume energía y se produce este tipo de emisiones.

Del mismo modo los valores de la significancia F para las tres condiciones de estudio, son mucho menores que el valor F de 0.05, con que se llevó a cabo el análisis de regresión. Esto significa que los resultados obtenidos son confiables o estadísticamente significativos; confirmando una vez más lo obtenido con el análisis de varianza.

Comparando los resultados reales con los pronosticados por medio del análisis de regresión, los valores de los residuales muestran una variación más alta para las condiciones actuales de consumo energético; esta variación disminuye para las condiciones óptimas de consumo energético, y son mínimas para las condiciones ideales de consumo de energía. Esto significa, que la probabilidad de frenar y mantener sin crecimiento las emisiones de CO<sub>2</sub> son mayores en condiciones ideales y óptimas de consumo y distribución de energía.

## **6. CONCLUSIONES**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> contabilizadas a partir del consumo de combustible, difieren en gran medida cuando este tipo de emisiones se calculan y proyectan por otros más amplios y completos, como el índice de Kaya. Este estudio ha demostrado, que es necesario tener en cuenta factores económicos, sociales y

ambientales para entender, definir y delimitar el problema. Como se menciona en la introducción, con el cálculo del índice de Kaya y su modelización con un método dinámico el objetivo fue el de determinar y cuantificar las variables que permitan evitar el crecimiento de las emisiones contaminantes que provocan el calentamiento global.

Volviendo a la hipótesis planteada en esta investigación, se puede afirmar que, de acuerdo con los cálculos y simulación dinámica, la eliminación de fuentes energéticas que emitan CO<sub>2</sub> a diferente nivel, permiten reducir el nivel de crecimiento de este tipo de emisiones; pero no se eliminan en su totalidad, sino que se mantienen los niveles actuales de CO<sub>2</sub>; es decir se controla gran parte del problema que actualmente es el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Nuestro trabajo nos ha llevado a concluir, en primer lugar, que el abastecimiento de energía debe ser dividido para cumplir con la demanda; en segundo lugar, el abastecimiento de energía con mínimas emisiones de CO<sub>2</sub> es posible con fuentes solares, hidroeléctricas y de biomasa; en tercer y último lugar, lo más importante es frenar el creciente aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> de inmediato, ya que aun cuando la generación de energía a partir de ahora sea limpia, las emisiones de CO<sub>2</sub> permanecerán hasta que a lo largo del tiempo se eliminen paulatinamente.

La evidencia de este estudio sugiere la necesidad de eliminar todo combustible de origen fósil y que este se sustituya por fuentes alternativas, sin que esto signifique la eliminación de motores de combustión interna para la generación de energía, ya que el combustible sustituto sería el biodiésel.

El presente estudio es uno de los primeros pasos que demuestra las consecuencias de mantener el mismo nivel de consumo energético en función de los combustibles fósiles, así como también cuáles son las alternativas para tener una solución que no provoque un desabastecimiento de energía aun cuando su demanda aumente.

El estudio ciertamente tiene limitaciones, tales como la falta de tratar el mecanismo de absorción del CO<sub>2</sub>; sin embargo, el considerar esto como una variable con un valor inicial de 0.56 fue el método más ordenado que permite focalizar la atención en representar el crecimiento de CO<sub>2</sub> y las estrategias para frenarlo. El desarrollo de modelos que impliquen una comprensión del ciclo de vida de las fuentes, tipo y uso de energía son uno de los desafíos que aún quedan por resolver. Un continuo desarrollo en esta dirección es necesario para validar con urgencia la situación actual y poder confirmar que la situación actual de la contaminación actual de CO<sub>2</sub> no sea más grave de lo que actualmente se conoce.

## 6. REFERENCIAS

[1] Resumen Ejecutivo – Plan de Acción Cambio Climático Quito 2020. Retrieved October 30, 2021, from [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Cambio\\_Climatico/plan\\_accion\\_climatico\\_quito\\_2020/Folleto%20Resumen%20PACQ01\\_mar\\_21.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Cambio_Climatico/plan_accion_climatico_quito_2020/Folleto%20Resumen%20PACQ01_mar_21.pdf).

[2] Secretaría de Ambiente. Inventario de Huella de Carbono del Distrito Metropolitano de Quito. Retrieved October 31, 2021, from [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Cambio\\_Climatico/plan\\_accion\\_climatico\\_quito\\_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Cambio_Climatico/plan_accion_climatico_quito_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20A%20C3%B1o%202015_Final1(1).pdf)

[20Metropolitano%20de%20Quito%20A%C3%B1o%202015\\_Final1\(1\).pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Cambio_Climatico/plan_accion_climatico_quito_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20A%20C3%B1o%202015_Final1(1).pdf)

[3] Kim, Y., Lee, J., Ahn, J. (2019). Innovation towards sustainable technologies: A socio-technical perspective on accelerating transition to aviation biofuel. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 317–329. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.04.002>

[4] Jimenez, M., Franco, C. J., Dyner, I. (2016). Diffusion of renewable energy technologies: The need for policy in Colombia. *Energy*, 111, 818–829. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.06.051>

[5] Downloads: Energy economics: Home. bp global. Retrieved October 31, 2021, from <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>.

[6] PIB (US\$ a precios actuales). Data. Retrieved November 1, 2021, from <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD>.

[7] Publicado por Statista Research Department, (2021, July 2). Población en Ecuador por provincia 2020. Statista. Retrieved November 2, 2021, from <https://es.statista.com/estadisticas/1191532/numero-de-personas-en-ecuador-por-provincia/>.

[8] Precios de la Energía en América Latina y El Caribe. Retrieved November 2, 2021, from <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0445.pdf>.

[9] Informe anual - cenace.gob.ec. Retrieved November 3, 2021, from <http://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/04/Informe-Anual-CENACE-2020-Parte-1.pdf>.

[10] Vensim. from Ventana Systems, Inc. Retrieved November 3, 2021, from <https://vensim.com/>.

[11] How much CO<sub>2</sub> does a houseplant absorb? (facts explained). Plantgardener. (2020, August 20). Retrieved November 3, 2021, from

<https://www.plantgardener.com/how-much-co2-houseplant->

[absorb/#:~:text=Houseplants%20absorb%205%20%E2%80%93%2032%25%20of%20carbon%20dioxide,is%20absorbed%20by%20specific%20sections%20of%20the%20ocean.](#)

## ANEXOS

### ANEXOS TABLAS

#### ANEXO 1

<b>Tipo de combustible</b>	<b>Factor de emisión [kg CO2 / kW-hr]</b>	<b>Porcentaje de uso</b>
Fuel oil	0.270000756	6%
Diésel	0.261360732	16.20%
Gas natural	0.195480547	5.20%
Solar	0.0003673	0.40%
Hidroeléctrica	0.0002449	70.70%
Biofuels	0.215280603	1.50%

*Tabla 1: Factores de emisión y porcentaje de uso de los diferentes tipos de combustibles que se usan en el Ecuador y que de los cuales se abastece de energía la provincia de Pichincha [9].*

#### ANEXO 2

<b>Variable</b>	<b>Estado</b>	<b>Valores y ecuaciones</b>
PIB [USD]	Actual	1.80518e+10
intensidad de energía [kW/USD]	Actual	0.00108719
variabilidad	Actual	RANDOM UNIFORM( 0 ,1, 99)
energía requerida [kW]	Actual	"intensidad de energía [kW/USD]"*PIB [USD]"
Eficiencia fuel oil [gr CO2 / kW]	Actual	270.00*8760
Eficiencia diésel [gr CO2 / kW]	Actual	261.36*8760
Eficiencia gas natural [gr CO2 / kW]	Actual	195.48*8760
Eficiencia energía solar [gr CO2 / kW]	Actual	0.3673*8760
Eficiencia energía hidroeléctrica [gr CO2 / kW]	Actual	0.2449*8760
Eficiencia biocombustibles [gr CO2 / kW]	Actual	215.28*8760
% fuel oil	Actual	6.00%
% diésel	Actual	16.20%
% gas natural	Actual	5.20%
% energía solar	Actual	0.40%
	Óptimo	45%
	Ideal	50%
% energía hidroeléctrica	Actual	70.70%
	Óptimo	45%
	Ideal	50%
% biocombustibles	Actual	1.50%
	Óptimo	10%
	Ideal	0%
emisiones fuel oil	Actual	"% fuel oil"*"Eficiencia fuel oil [gr CO2 / kW]"
emisiones diésel	Actual	"% diésel"*"Eficiencia diésel [gr CO2 / kW]"
emisiones gas natural	Actual	"% gas natural"*"Eficiencia gas natural [gr CO2 / kW]"
emisiones energía solar	Actual	"% energía solar"*"Eficiencia energía solar [gr CO2 / kW]"
emisiones energía hidroeléctrica	Actual	"% energía hidroeléctrica"*"Eficiencia energía hidroeléctrica [gr CO2 / kW]"
emisiones biocombustibles	Actual	"% biocombustibles"*"Eficiencia biocombustibles [gr CO2 / kW]"
emisiones [Mill. Ton]	Actual	variabilidad*(emisiones biocombustibles+emisiones

		diésel+emisiones energía hidroeléctrica+emisiones energía solar+emisiones fuel oil+emisiones gas natural)**energía requerida [kW]"/1e+12
CO2 Kaya [Mill. Ton]	Valor inicial	159.444
	Actual	"emisiones [Mill. Ton]"- absorción
absorción	Actual	0.56**"emisiones [Mill. Ton]"

*Tabla 2. Variables, valores iniciales y ecuaciones del modelo dinámico.*

<b>Millones de Toneladas de CO2 calculadas por medio del Índice de Kaya</b>			
<b>Año</b>	<b>Actual</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Ideal</b>
2021	159.44	159.44	159.44
2026	176.049	164.465	159.514
2031	182.24	166.337	159.541
2036	199.333	171.505	159.613
2041	218.16	177.198	159.693
2046	235.372	182.402	159.766
2051	248.816	186.467	159.823

*Tabla 3. Valores de las emisiones de CO2 resultantes de la simulación dinámica en intervalos de 5 años, bajo las condiciones de consumo energético actuales, optimizadas e ideales.*

Condición actual								
SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.995							
R Square	0.990							
Adjusted R Square	0.988							
Standard Error	3.569							
Observations	7							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	6381.079	6381.079	500.93	3.31E-06			
Residual	5	63.69197	12.738					
Total	6	6444.771						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-5944.405	274.657	-21.642	3.91E-06	-6650.43	-5238.38	-6650.43	-5238.38
Año	3.019	0.134	22.381	3.31E-06	2.672	3.366	2.672	3.366
RESIDUAL OUTPUT								
PROBABILITY OUTPUT								
<i>Observation</i>	<i>Predicted Actual</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>		<i>Percentile</i>	<i>Actual</i>		
1	157.484	1.955	0.600		7.142	159.44		
2	172.580	3.468	1.064		21.428	176.049		
3	187.676	-5.436	-1.668		35.714	182.24		
4	202.772	-3.439	-1.055		50	199.333		
5	217.869	0.290	0.089		64.285	218.16		
6	232.965	2.406	0.738		78.571	235.372		
7	248.061	0.7545	0.231		92.857	248.816		

Tabla 4. Análisis de regresión de los resultados de la simulación dinámica bajo las condiciones actuales de consumo energético en la provincia de Pichincha – Ecuador.



Condición Óptima								
SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.995							
R Square	0.990							
Adjusted R Square	0.988							
Standard Error	1.078							
Observations	7							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	583.461	583.461	501.3	3.3E-06			
Residual	5	5.819	1.163					
Total	6	589.281						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-1686.264	83.021	-20.311	5.35E-06	-1899.68	-1472.85	-1899.68	-1472.85
Año	0.912	0.040	22.389	3.3E-06	0.808	1.017	0.808	1.017
RESIDUAL OUTPUT					PROBABILITY OUTPUT			
<i>Observation</i>	<i>Predicted Óptimo</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>		<i>Percentile</i>	<i>Óptimo</i>		
1	158.8502857	0.589	0.598		7.142	159.44		
2	163.415	1.049	1.066		21.428	164.46		
3	167.98	-1.643	-1.668		35.714	166.33		
4	172.544	-1.039	-1.055		50	171.50		
5	177.109	0.088	0.089		64.285	177.19		
6	181.674	0.727	0.738		78.571	182.40		
7	186.239	0.227	0.231		92.857	186.46		

Tabla 5. Análisis de regresión de los resultados de la simulación dinámica bajo las condiciones óptimas de consumo energético en la provincia de Pichincha – Ecuador.

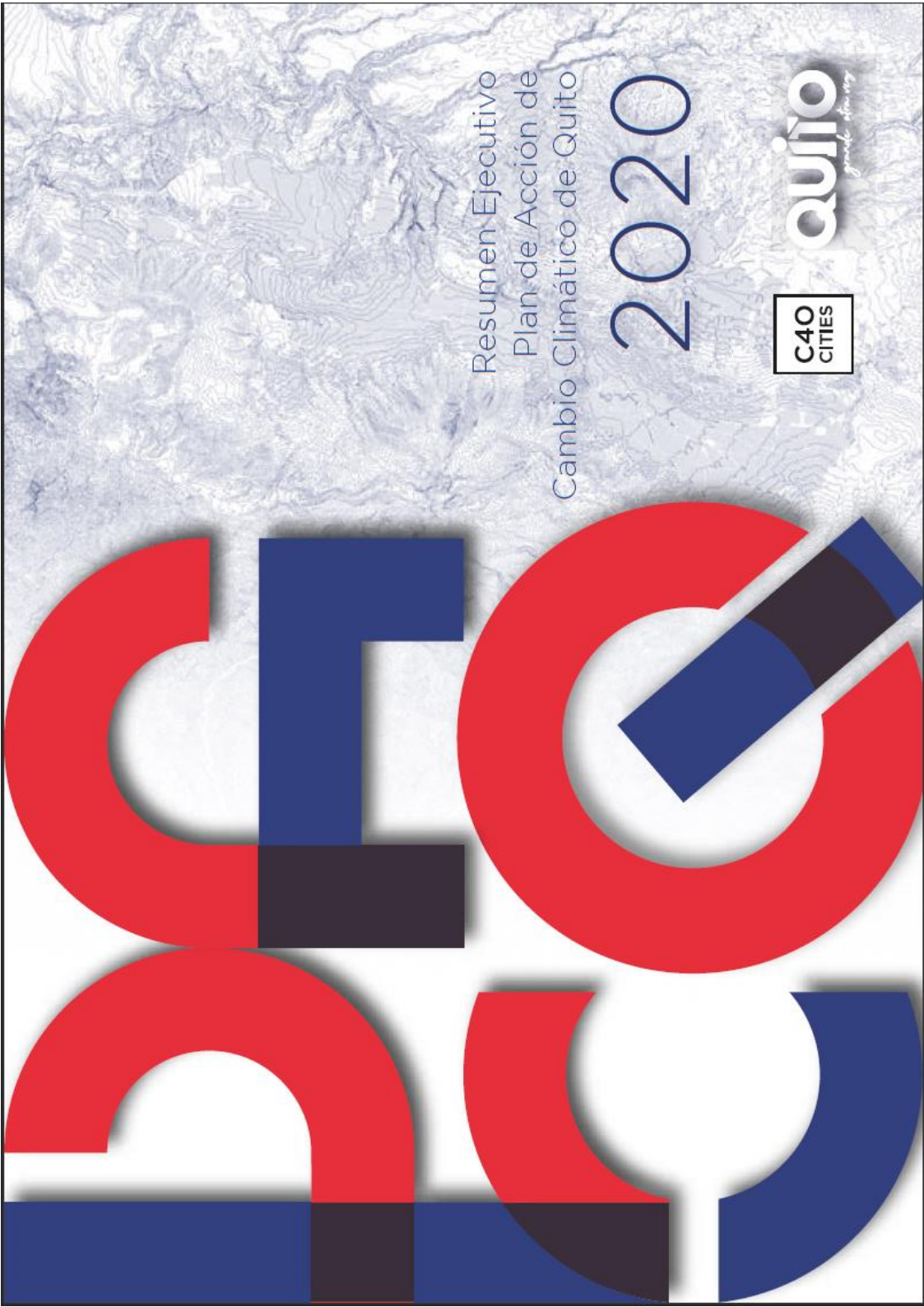
Condición Ideal								
SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.995							
R Square	0.990							
Adjusted R Square	0.989							
Standard Error	0.014							
Observations	7							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0.116	0.11635	546.37	2.67E-06			
Residual	5	0.001	0.00021					
Total	6	0.117						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	133.377	1.12301	118.7666	8.03E-10	130.490	136.264	130.490	136.264
Año	0.012	0.00055	23.3746	2.67E-06	0.011	0.0143	0.011	0.014
RESIDUAL OUTPUT					PROBABILITY OUTPUT			
<i>Observation</i>	<i>Predicted Ideal</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>		<i>Percentile</i>	<i>Ideal</i>		
1	159.433	0.00625	0.469		7.142	159.44		
2	159.498	0.01578	1.184		21.428	159.514		
3	159.562	-0.02167	-1.627		35.714	159.541		
4	159.627	-0.01414	-1.061		50	159.613		
5	159.691	0.00139	0.104		64.285	159.693		
6	159.756	0.00992	0.745		78.571	159.766		
7	159.820	0.00246	0.184		92.857	159.823		

Tabla 6. Análisis de regresión de los resultados de la simulación dinámica bajo las condiciones ideales de consumo energético en la provincia de Pichincha – Ecuador.

[1] Resumen Ejecutivo – Plan de Acción Cambio Climático Quito 2020. Retrieved October 30, 2021, from [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Cambio\\_Climatico/plan\\_accion\\_climatico\\_quito\\_2020/Folleto%20Resumen%20PACQ01\\_mar\\_21.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Cambio_Climatico/plan_accion_climatico_quito_2020/Folleto%20Resumen%20PACQ01_mar_21.pdf).....25-50

ANEXO 8

[2] Secretaría de Ambiente. Inventario de Huella de Carbono del Distrito Metropolitano de Quito. Retrieved October 31, 2021, from [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Cambio\\_Climatico/plan\\_accion\\_climatico\\_quito\\_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%20Matropolitano%20de%20Quito%20A%C3%B1o%202015\\_Final1\(1\).pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Cambio_Climatico/plan_accion_climatico_quito_2020/Inventario%20Huella%20de%20Carbono%20del%20Distrito%20Matropolitano%20de%20Quito%20A%C3%B1o%202015_Final1(1).pdf) .....51-102





PLAN DE ACCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO DE QUITO 2020  
**HACIA LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA**

**DR. JORGE YUNDA MACHADO**  
ALCALDE DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**ING. JUAN CARLOS AVILÉS**  
SECRETARIO DE AMBIENTE DEL  
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

ASISTENCIA TÉCNICA



FINANCIAMIENTO



**UK Government**





# CONTENIDOS



**1.** COMPROMISO HACIA UNA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

**2.** PLAN DE ACCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

**3.** LA MITIGACIÓN, UN EJE CLAVE PARA ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD

**4.** RECONOCIENDO EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS CAMBIOS POTENCIALES

**5.** ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO EN QUITO

SIGUIENTES PASOS Y COMPROMISO



# COMPROMISO HACIA UNA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA 1.



El recorrido hacia la Planificación del Cambio Climático en Quito no es reciente. Los logros alcanzados hasta el momento responden a un constante compromiso político y técnico de la ciudad, que incluye el desarrollo de lineamientos de política pública, programas y proyectos bajo un enfoque de desarrollo sostenible dirigido a frenar el cambio climático.

La ciudad de Quito a afianzado su compromiso con la estructuración del PACQ, instrumento que incluye una proyección a largo plazo, al 2050, con metas de control en los años 2030 y 2040; convirtiéndose en una hoja de ruta consistente y ambiciosa en procura de contribuir con el cumplimiento del Acuerdo de París, del cual el Ecuador forma parte, y, por tanto, con la política pública nacional para enfrentar el cambio climático.

La planificación de acciones de cambio climático es una oportunidad para que las ciudades asuman y ratifiquen su rol como actores clave para el desarrollo sostenible. Con un Plan de Acción de Cambio Climático se espera una mejora en la calidad de vida de las personas a través de la creación de empleo, mejora en la salud pública y calidad de los recursos naturales, y aseguramiento de la provisión de servicios ecosistémicos.

**2050  
QUITO**

HACIA UNA NEUTRALIDAD  
DE EMISIONES DE GEI.

SERÁ UNA CIUDAD RESILIENTE  
A LOS RIESGOS CLIMÁTICOS.

**CIUDADANÍA  
COMPROMETIDA**

EN EL DESARROLLO  
DE UNA CIUDAD  
SOSTENIBLE E INCLUSIVA







## PLAN DE ACCIÓN DE 2. CAMBIO CLIMÁTICO

El PACQ concibe al cambio climático como un problema complejo, que requiere abordarse necesariamente desde soluciones multisectoriales para el diseño de políticas públicas que permitan mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, enfrentar de manera oportuna los impactos actuales y futuros del cambio climático y transitar hacia un modelo de ciudad más sostenible. En este sentido se han determinado las siguientes metas a largo plazo para la neutralidad climática:

 <b>METAS GENERALES DE MITIGACIÓN</b>	 <b>METAS GENERALES DE ADAPTACIÓN</b>	 <b>OBJETIVOS DE LA ACCIÓN CLIMÁTICA INCLUSIVA</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Al 2023, reducir en 560 000 T. CO<sub>2</sub>e con relación al crecimiento proyectado con línea base al 2015.</li><li>• Al 2030, reducir un 30% de las emisiones de GEI con relación al crecimiento proyectado con línea base 2015.</li><li>• Al 2050 alcanzar la neutralidad climática.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Al 2030, aumentar en 20% las inversiones en proyectos de adaptación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asegurar el bienestar, la salud y la calidad de vida de la ciudadanía, en especial aquellas personas expuestas a las amenazas climáticas que habitan en espacios vulnerables.</li><li>• Impulsar la corresponsabilidad ciudadana y mejorar las capacidades y conocimiento de la población con respecto al cambio climático y sostenibilidad.</li><li>• Garantizar la equidad en la implementación de acciones de cambio climático, el acceso y la distribución de los beneficios, priorizando los grupos y comunidades vulnerables.</li></ul>

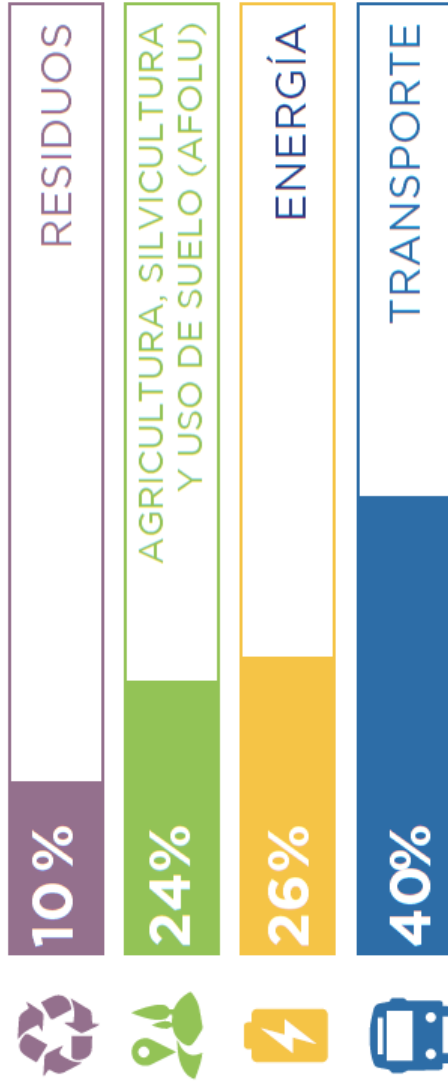
LA MITIGACIÓN, EJE CLAVE PARA  
**ALCANZAR LA SOSTENIBILIDAD 3.**



### ESCENARIOS DE MITIGACIÓN

## HUELLA DE CARBONO DE QUITO 2015

EMISIONES TOTALES: 7, 611,216 t CO<sub>2</sub>e/año



# LO QUE VAMOS A HACER

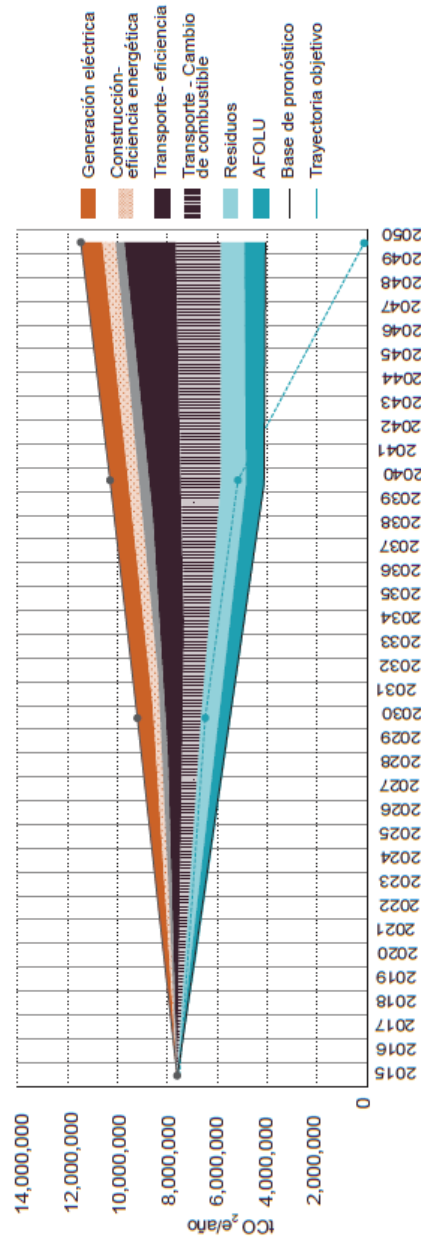
PARA UNA REDUCCIÓN DE

# 7.894.843

t CO<sub>2</sub>e en el año 2050



Reducción potencial de emisiones de acciones seleccionadas



Escenario reducción de emisiones por medio de acciones ambiciosas

# REDUCCIÓN DE EMISIONES PER CAPITA

## ESCENARIO AMBICIOSO 2050



# RECONOCIENDO EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS CAMBIOS POTENCIALES 4.



## AMENAZAS CLIMÁTICAS

AUSENCIA  
PROLONGADA DE  
PRECIPITACIONES



PERÍODOS  
DE ALTAS  
TEMPERATURAS



EPISODIOS DE  
LLUVIAS INTENSAS



### VARIABLE

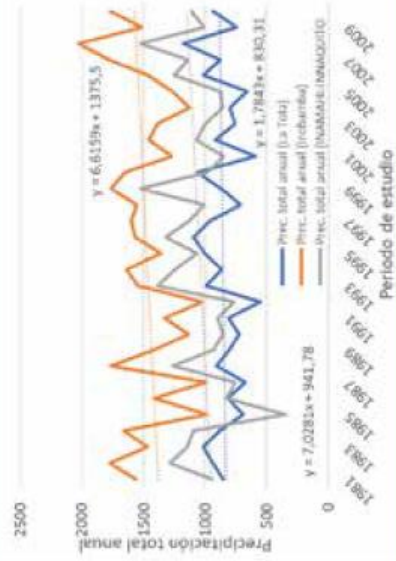
Temperatura media anual  
Temperatura media anual (estación seca)  
Temperatura media anual (estación de lluvias)  
Precipitación total anual  
Olas de calor (WSDI) (número de eventos)  
Sequías (CDD)  
Lluvias intensas

### CAMBIOS REGISTRADOS DURANTE EL PERIODO HISTÓRICO

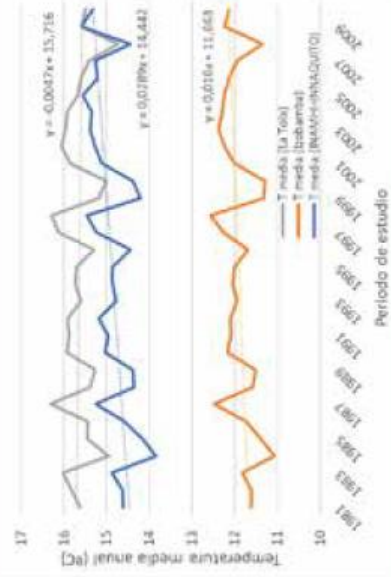
Entre  $-0.04^{\circ}\text{C}/\text{década}$  y  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{década}$   
Entre  $-0.05^{\circ}\text{C}/\text{década}$  y  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{década}$   
 $-0.02^{\circ}\text{C}/\text{década}$  y  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{década}$   
Entre 17 mm/década y 70mm/década  
7 olas de calor/década  
1 día seco/década  
4 días húmedos/década

### RESUMEN DE LOS CAMBIOS REGISTRADOS DURANTE EL PERIODO HISTÓRICO

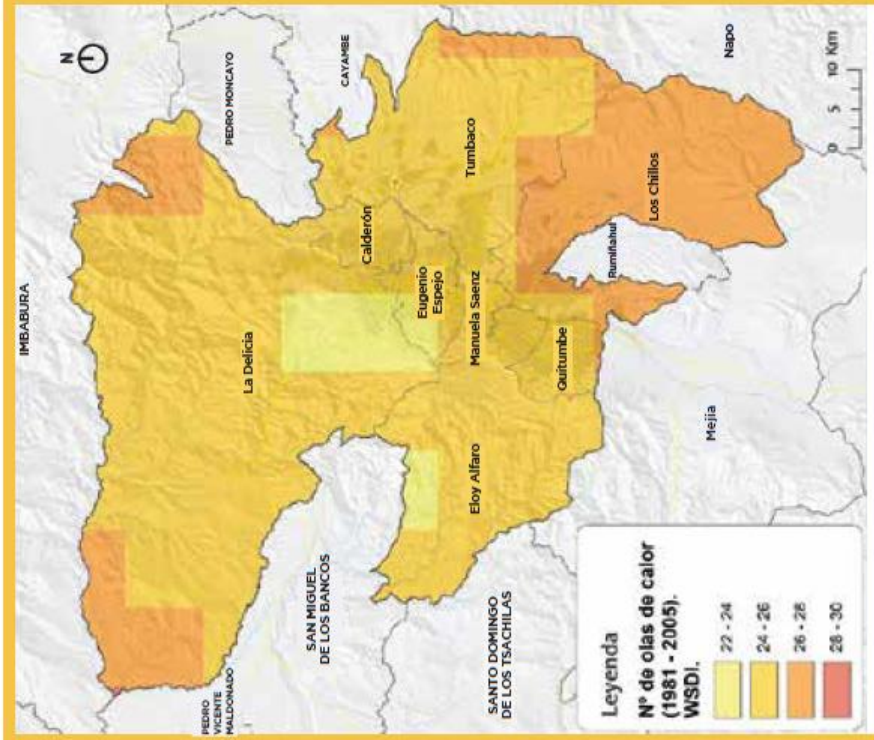




PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL REGISTRADA EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DEL DMG DURANTE EL PERÍODO 1981 Y 2010



TEMPERATURA MEDIA ANUAL REGISTRADA EN LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DEL DMG DURANTE EL PERÍODO 1981 Y 2010.



PROMEDIO DEL NÚMERO DE OLAS DE CALOR (ÍNDICE WSDI) DURANTE EL PERÍODO 1981 Y 2005 EN EL DMG DE LOS DATOS DE ENSEMBLE DE MODELOS CLIMÁTICOS PARA LA 3 COMUNICACIÓN NACIONAL MAE Y P 2018

# ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO EN QUITO 5.




SECTOR	ACCIÓN	SUBACCIÓN	2020-2023	2023-2030
<b>A - EDIFICACIONES SOSTENIBLES Y DINÁMICAS DE CRECIMIENTO URBANO</b>	<p>Edificaciones sostenibles y eficientes para la reducción de huella de carbono y aumento de resiliencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herramienta y normativas de eficiencia para edificaciones nuevas (residenciales- comerciales)</li> <li>Sistema de monitoreo y evaluación de eficiencia en edificaciones.</li> <li>Eficiencia en edificaciones existentes (residenciales-comerciales).</li> <li>Programas de financiamiento climático para manejo de edificaciones patrimoniales en el Centro Histórico.</li> </ul>		
	<p>Estándares urbanísticos compatibles con el clima</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estándares urbanísticos Centro Histórico de Quito Cero Emisiones.</li> <li>Estándares urbanísticos para espacios públicos resilientes frente olas de calor y escorrentía.</li> <li>Lineamientos para la adaptación y mitigación al cambio climático en áreas de expansión urbana y agrícola.</li> </ul>		
	<p>Barrios y parques eficientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soluciones basadas en la Naturaleza para la adaptación al cambio climático en el barrio San Enrique de Velasco.</li> <li>Red Verde Urbana.</li> <li>Laboratorio Urbano de Cambio Climático.</li> <li>Iluminación pública ornamental eficiente.</li> </ul>		
	<p>Descarbonización de la matriz Energética</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Política de generación distribuida con energías renovables en el corto y mediano plazo, mediante la implementación de sistemas renovables (solares, eólicos) en hogares del DMQ que se encuentran fuera del sistema interconectado.</li> <li>Investigación de impactos de cambio climático en la distribución de energía eléctrica dentro del DMQ.</li> </ul>		
	<p>Condiciones de ocupación del suelo alineado a la neutralidad climática</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Priorización de áreas resilientes que aporten al banco de suelos del DMQ para la reducción de riesgos por amenazas climáticas.</li> <li>Desarrollo de mecanismos de gestión de suelo para el uso adecuado de la tierra cultivable y su capacidad.</li> <li>Integrar criterios y medidas de reducción de riesgo y vulnerabilidad climática frente a eventos extremos en los planes de manejo de quebradas</li> </ul>		





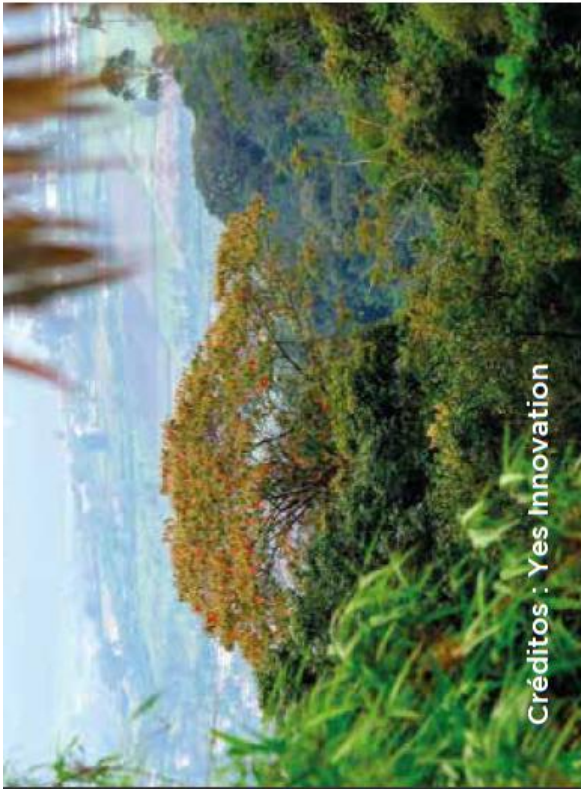
Créditos: YES Innovation



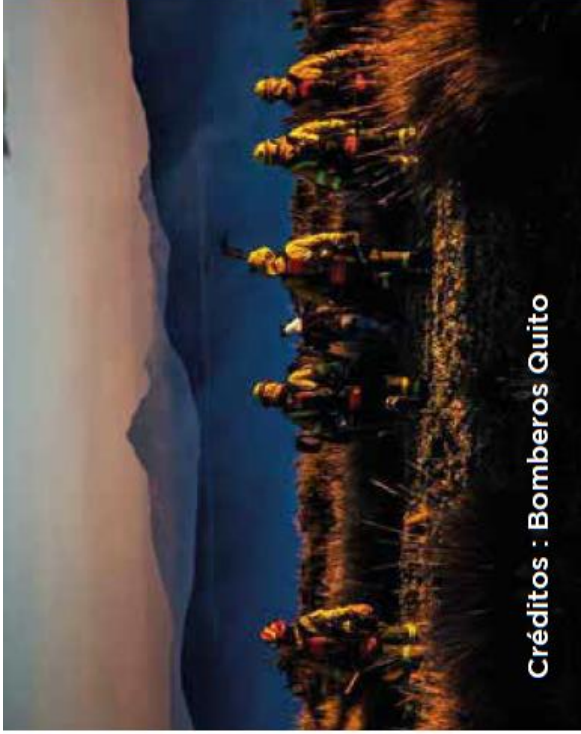
SECTOR	ACCIÓN	SUBACCIÓN	2020-2023	2023-2030
 <b>B - GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO</b>	 <p>Manejo adaptativo del agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planes de manejo y restauración para la conservación de áreas de interés hídrico.</li> <li>Esquema de reposición de huella hídrica con el sector privado.</li> <li>Promover la reducción del consumo para aumentar la resiliencia en la provisión del recurso hídrico.</li> </ul>		
	 <p>Infraestructura para aumentar resiliencia al cambio climático</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDs).</li> <li>Incrementar redundancia de los sistemas de agua potable. (Paluguillo-Calderón, Paluguillo-Bellavista)</li> <li>Optimizar la operación de los sistemas de abastecimiento en función de análisis hidrológicos.</li> <li>Planta de Tratamiento de Agua (PTAR) Yindovona para la reducción de huella hídrica y generación de energía.</li> </ul>		



Créditos: FONAG



Créditos : Yes Innovation



Créditos : Bomberos Quito

**C - SERVICIOS AMBIENTALES**



Manejo sostenible de la tierra y provisión de servicios ambientales

Resiliencia para los incendios forestales

2020-2023	2023-2030
-----------	-----------

- Esquema de compensación de huella de carbono e incentivos financieros para mantener y aumentar el stock de carbono del DMQ.
- Desarrollo de programas de incentivos económicos y pagos por servicios ambientales.
- Plan estratégico del SMANP y planes de manejo de las áreas incluyendo variables de cambio climático.
- Promoción procesos de restauración ecológica y la recuperación de los servicios ambientales para aumentar los sumideros de carbono en el DMQ.
- Capacitación y fortalecimiento de capacidades.
- Estrategia distrital para la gestión integral de incendios forestales.
- Ordenanza Metropolitana para la Gestión Integral de incendios forestales.



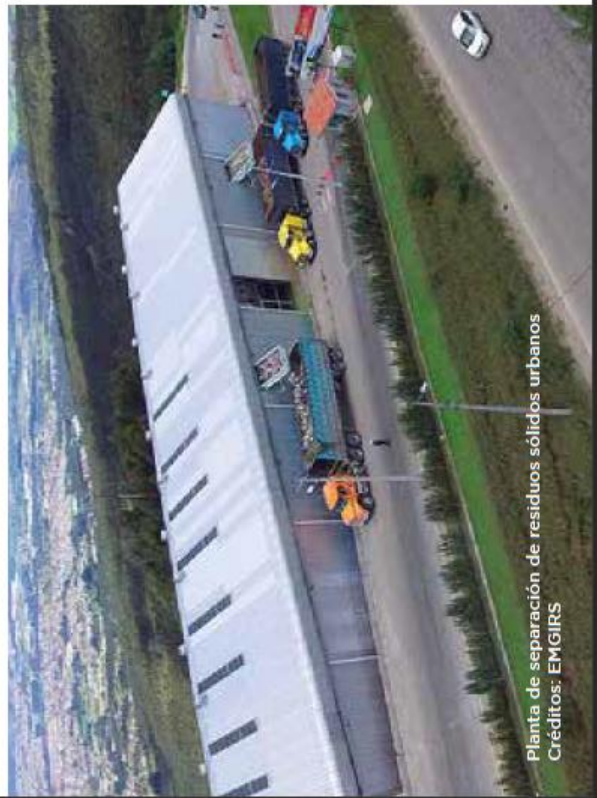
**C - SERVICIOS AMBIENTALES**



SECTOR	ACCIÓN	SUBACCIÓN	2020-2023	2023-2030
<b>D - AGRICULTURA SOSTENIBLE</b> 	Agricultura y consumo sostenible compatible con el clima 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimización del uso de agua de riego y cosecha de lluvia para la agricultura en las zonas agrícolas vulnerables a las sequías.</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión del uso de suelo para la agricultura sostenible con criterios de cambio climático.</li> <li>Promoción de la agricultura urbana participativa de base agroecológica/orgánica de escala barrial y distribución distrital.</li> <li>Línea base de indicadores del sector agrícola para el DMQ.</li> </ul>	 	 
<b>E - GOBERNANZA E INVESTIGACIÓN CLIMÁTICA</b> 	Monitoreo resiliente al cambio climático 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de investigación científica y técnica para la gestión hídrica sostenible.</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortalecimiento de la red de estaciones meteorológicas.</li> <li>Programa de investigación científica y técnica para la restauración de ecosistemas degradados.</li> <li>Análisis de cambio de usos de suelo en áreas de conservación e interés hídrico.</li> </ul>	  	 
<b>E - GOBERNANZA E INVESTIGACIÓN CLIMÁTICA</b> 	Gobernanza y fortalecimiento de capacidades 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de Soluciones basadas en la Naturaleza.</li> <li>Consolidar el sistema de gobernanza del agua.</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitación del Comité de Gestión Local y el fortalecimiento a las delegaciones del Municipio de Quito en territorios rurales.</li> <li>Plan de fortalecimiento de capacidades de pequeños y medianos agricultores urbanos y rurales.</li> </ul>	 	 



SECTOR	ACCIÓN	SUBACCIÓN	2020-2023	2023-2030
<b>F - GESTIÓN INTEGRADA Y CIRCULAR DE RESIDUOS SÓLIDOS</b> 	Programa de gestión circular de residuos para neutralidad climática 	- Desarrollo de Estrategia Quiteña de Economía Circular y Plan de Acción. - Ordenanza para la reducción progresiva de plásticos de un solo uso y el fomento al desarrollo de sustitutos reutilizables, biodegradables y/o compostables en el DMQ.		
		- Aprovechamiento de residuos orgánicos - Proyecto de Ecozonas para el aprovechamiento de residuos orgánicos a nivel domiciliario y comunitario en Iñaquito y San Enrique de Velasco. - Captura de gas en el relleno sanitario 		



Planta de separación de residuos sólidos urbanos  
Créditos: EMGIRS



Créditos: YES Innovation





## SECTOR



## H - ACCIÓN CLIMÁTICA INCLUSIVA Y EQUITATIVA



Comisión ciudadana de cambio climático

## ACCIÓN

## SUBACCIÓN

Mecanismo y espacio ciudadano para articular y capturar el conjunto más amplio de conocimientos y percepciones sobre el cambio climático, que tiene como principal objetivo fomentar la expresión y deliberación ciudadana en la toma de decisiones e implementación de las acciones del PACQ.

Este será un espacio donde sus participantes compartirán información y recursos para proponer alternativas que mejoren la eficiencia y eficacia de las políticas, planes y programas y, además, tendrá un flujo pertinente y oportuno de información con la institucionalidad pública metropolitana.

Desarrollo de políticas y proyectos de cambio climático dirigido a crear espacios y brindar servicios para el uso de la comunidad que además reduzcan las brechas sociales.

Principalmente, se trabajará en impulsar los siguientes proyectos específicos en sectores también relacionados al cambio climático:

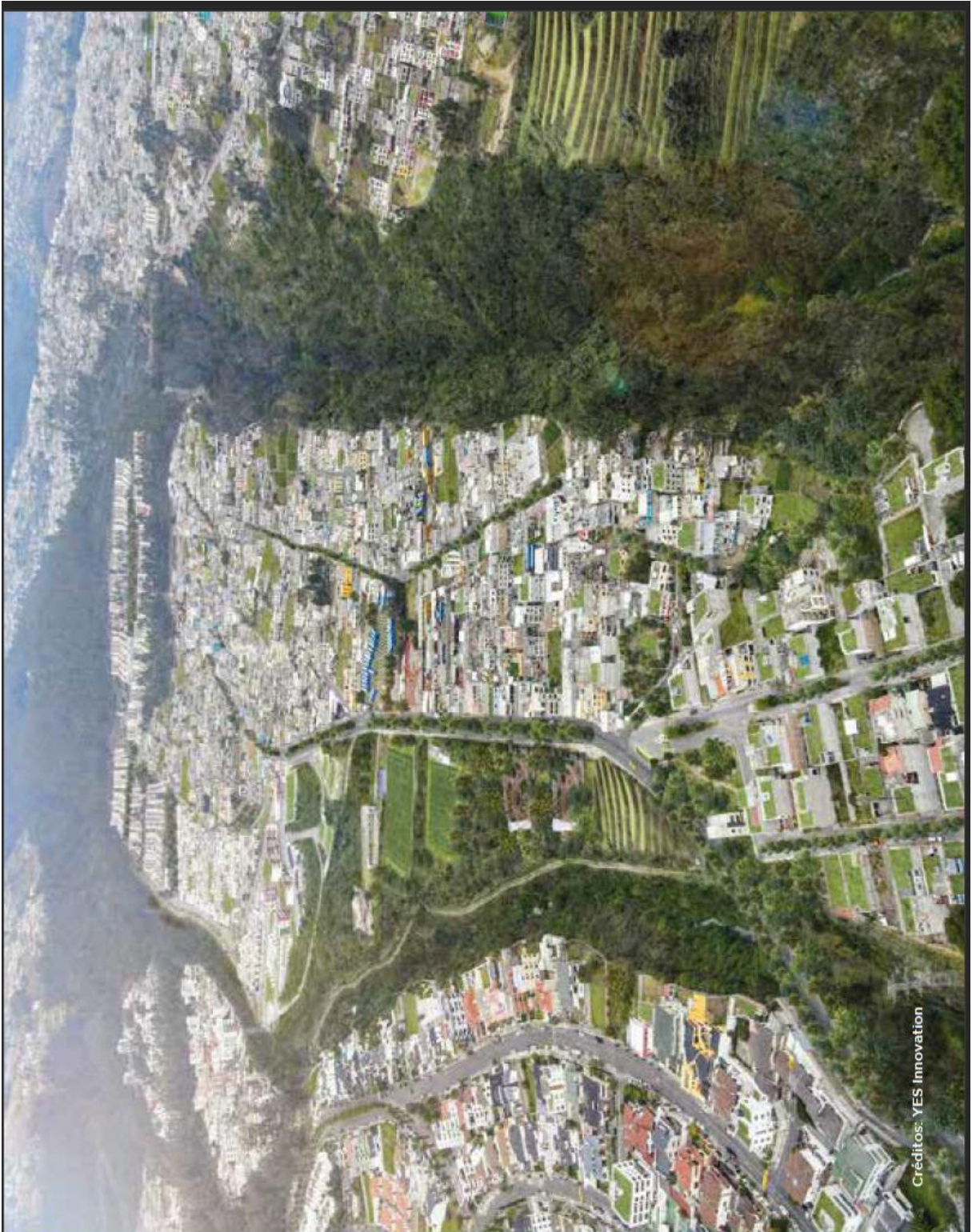
- Reciclaje:
  - Inclusión de recicladores.
  - Promover la formalización, asociación, fortalecimiento mediante la capacitación de recicladores.
  - Crear bases financieras para desarrollar el reciclaje como negocio inclusivo y productivo a la economía popular y solidaria.
- Transporte público:
  - Incorporación de la perspectiva de género en el sistema de transporte público de la ciudad.
  - Implementar programas de educación, capacitación y herramientas digitales.
  - Asegurar un servicio de calidad.
  - Promover la alta demanda del uso de transporte público garantizando la seguridad de todos los usuarios.

Fortalecer las capacidades institucionales de la red pública para la atención primaria de enfermedades producto del cambio climático, de conformidad con la norma de la autoridad nacional y a mediano plazo contar con equipamientos de salud equipados para atender las zonas más afectadas por los efectos y enfermedades vinculadas al cambio climático con énfasis en las parroquias rurales.

Sistema de salud resiliente al cambio climático







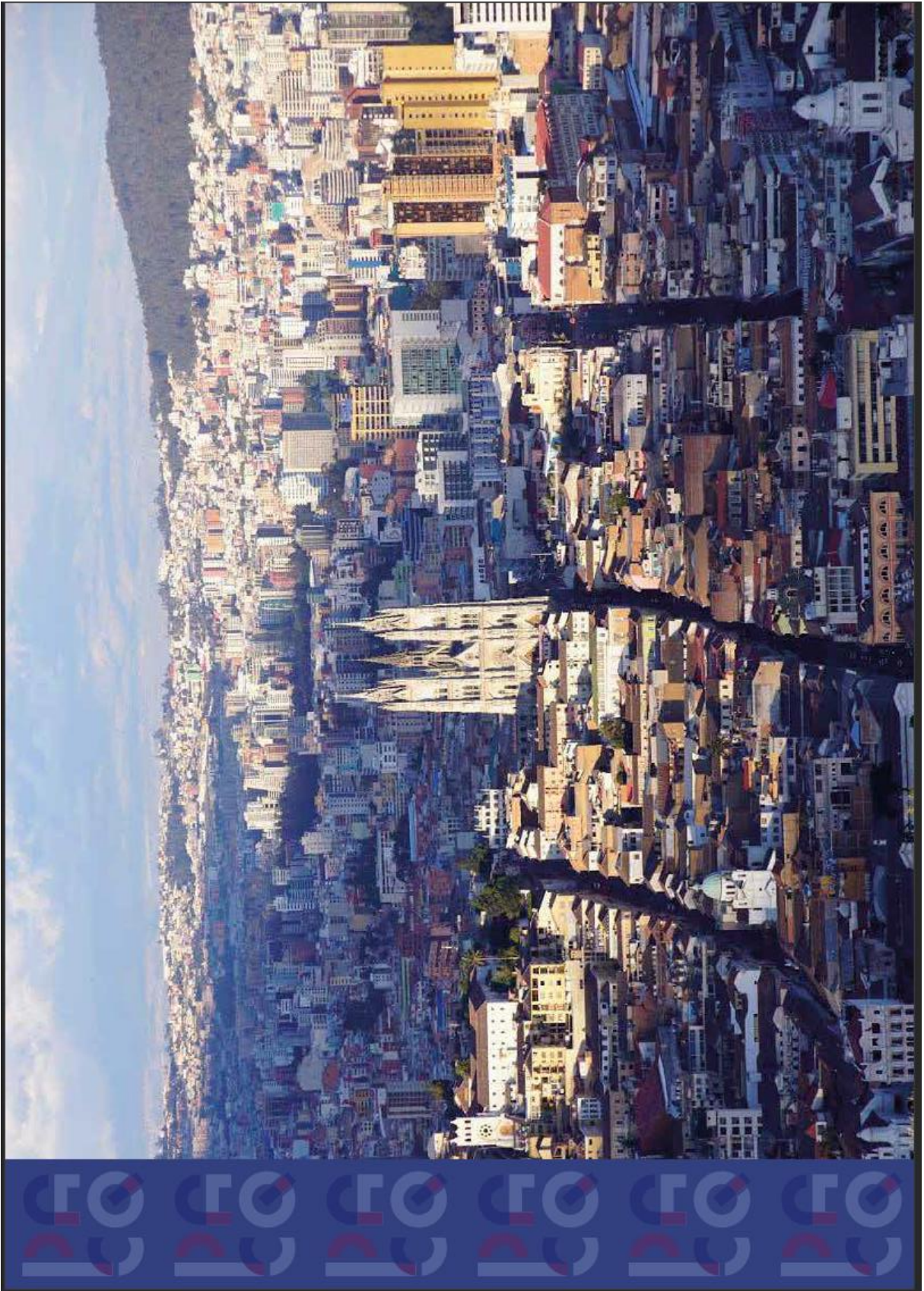


Créditos: YES Innovation



SECTOR	ACCIÓN	SUBACCIÓN
 <p>H- ACCIÓN CLIMÁTICA INCLUSIVA Y EQUITATIVA</p>	 <p>Regeneración urbana y soluciones basadas en la naturaleza</p>	<p>Proyecto para la promoción e implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como acciones para la regeneración urbana sostenible e inclusiva que aborden los desafíos sociales de manera efectiva.</p> <p>La participación activa de los diferentes grupos sociales y grupos vulnerables, garantizará a las SbN como un enfoque innovador que genere un alto sentido de inclusión, corresponsabilidad ciudadana y sostenibilidad a largo plazo.</p>
	<p>Distinción ambiental</p>	<p>La Distinción Ambiental es un reconocimiento público que entrega la Secretaría de Ambiente del DMQ a los ciudadanos comprometidos, proyectos ambientales, empresas con especial dedicación a la responsabilidad social, unidades educativas, universidades, entre otros, cuya misión incluye acciones climáticas voluntarias para la reducción de las huellas de carbono e hídricas.</p> <p>Para fortalecer este proceso de reconocimiento, se incluirán la evaluación de indicadores cuantitativos de huella de carbono e hídrica para evaluar a los participantes y determinar el impacto y beneficios de sus respectivas acciones.</p>
	<p>Participación y educación de cambio climático</p>	<p>El proceso ciudadano participativo para la implementación del PACQ plantea el desarrollo de una serie de actividades de capacitación, educación para la co-creación de soluciones con barrios y parroquias identificadas como vulnerables al cambio climático.</p> <p>Este será un mecanismo para difundir la gestión local de cambio climático implementada en el DMQ y a través de la difusión se propiciará el interés, la reflexión y la acción ciudadana sobre los temas de ambiente, cambio climático y desarrollo urbano sostenible, en el marco del Plan de Acción Climático propuesto.</p>





## SIGUIENTES PASOS Y COMPROMISO

### Una vez finalizado el PACQ se debe trabajar de manera colectiva en :



Garantizar la consecución de los objetivos y metas de neutralidad climática del PACQ por medio de la implementación exitosa y eficiente de las acciones climáticas.



Monitoreo, evaluación y reporte de indicadores de cambio climático para informar el progreso de implementación de acciones prioritarias.



Institucionalización de la gobernanza de cambio climático en el Municipio de Distrito Metropolitano de Quito y fortalecimiento de Equipos técnicos de trabajo e implementación de acciones.



Fomentar espacios de participación y corresponsabilidad ciudadana frente al cambio climático.

# Informes y estudios del PACQ



¿Quieres más información?

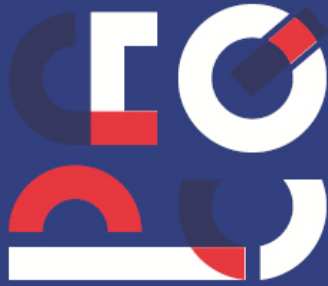
Dirígete a esta web  
para revisar estos y más  
estudios.

Los informes técnicos que respaldan el proceso de construcción del PACQ, se presentan continuación:

- Inventario de Huella de Carbono del Distrito Metropolitano de Quito
- Gestión del IGEI en Quito
- Análisis de Riesgo Climático
- Evaluación Estratégica de la Planificación Climática
- Reporte: ICA Needs Assessment
- Reporte sobre los Avances en la Planificación de la Acción Climática
- Proceso de selección y priorización de acciones
- Estrategia de Monitoreo, Evaluación y Reporte-MER
- Informe del índice de percepción de calidad de vida
- Recursos Humanos para la implementación del Plan de Acción de Cambio Climático de Quito.
- Evaluación de la Gobernanza de Cambio Climático y lineamientos
- Plan de Manejo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero







Plan de Acción de Cambio  
Climático de Quito

2020

[www.quitoneutral.com](http://www.quitoneutral.com)



UK Government





**INVENTARIO HUELLA DE CARBONO  
SECTORES: ENERGÍA ESTACIONARIA, TRANSPORTE Y RESIDUOS**

**DMQ, 2015**



## 1. ANTECEDENTES

La política A3 del Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial del DMQ 2015-2025 declara la necesidad de “Garantizar la sostenibilidad local del territorio enfocado a la reducción y compensación de la huella de carbono y a la resiliencia del DMQ frente al cambio climático” (MDMQ, 2015). Para la consolidación de esta política, el manejo de la ciudad debe enmarcarse en los principios del desarrollo sostenible, de tal manera que las estrategias de desarrollo territorial aseguren tanto la adaptación al cambio climático como la mitigación de las principales emisiones causantes del mismo.

Dentro del componente de mitigación es indispensable contar con información que permita cuantificar las emisiones totales de los gases de efecto invernadero (GEI) ocasionadas por las actividades antropogénicas dentro de los límites del DMQ, así como su evolución en el tiempo.

Los inventarios de emisiones GEI son una herramienta clave para tal efecto. Los resultados de dichos estudios permiten la generación de indicadores y metas para la reducción de emisiones netas y su evaluación y seguimiento continuo por parte de los entes rectores ambientales.

Bajo este antecedente, la Secretaría de Ambiente del

DMQ actualizó el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero 2015 en el territorio del Distrito, en base a la metodología de cálculo del IPCC (1996a) y del Global Protocol Community (GPC).

Esto contempla la recopilación de la información necesaria para el cálculo de los sectores energía estacionaria, transporte (energía móvil), residuos, procesos industriales y uso de productos (IPPU), agricultura, cambio de uso de suelo y silvicultura (AFOLU); la generación de bases de datos e información geoespacial vinculada a la temática, la estimación de las emisiones GEI totales y la elaboración de los informes sectoriales con las principales conclusiones, observaciones y recomendaciones al respecto.

El presente informe de trabajo presenta los resultados correspondientes al año base 2015 del ***Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero del DMQ.***



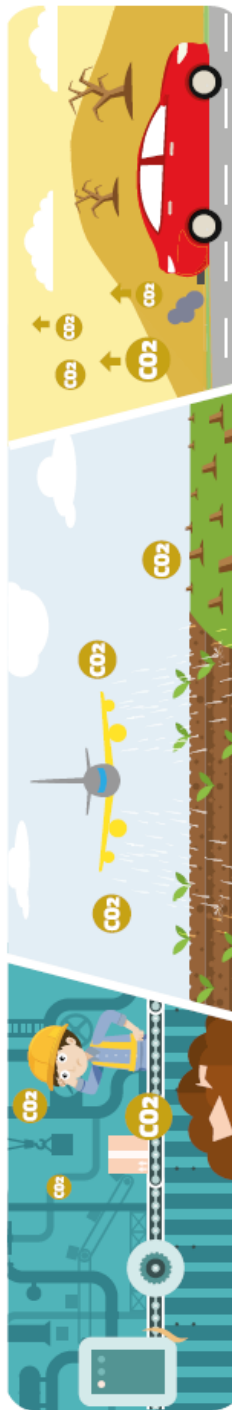
## 2. INTRODUCCIÓN

El efecto invernadero es un fenómeno natural que mantiene la tierra a una temperatura adecuada para soportar la vida. Este efecto es causado por los gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , entre otros). Estos gases se encuentran en la atmósfera y retienen parte de la radiación solar que entra al sistema terrestre y luego regresa al espacio en forma de radiación térmica. Sin embargo, a partir de la revolución industrial las actividades antropogénicas han contribuido significativamente al incremento de las emisiones de los gases de efecto invernadero. Esto ha generado una mayor concentración de GEI en la atmósfera y, consecuentemente, una mayor retención de la radiación térmica, lo cual afecta a la temperatura del sistema terrestre.

clima mundial de la Organización Mundial de Meteorología, documento que constituye una fuente autorizada de referencia, el 2016 fue el año más cálido del que se tenga constancia: registró una temperatura de  $1,1\text{ }^\circ\text{C}$  por encima de los niveles preindustriales, lo que representa un aumento de  $0,06\text{ }^\circ\text{C}$  por encima del récord anterior registrado en 2015.

Este fenómeno planetario, conocido como calentamiento global, está alterando el clima y produciendo cambios directos e indirectos a distintas escalas; el conjunto de variaciones climáticas asociadas al calentamiento global se lo conoce como cambio climático.

De acuerdo a la Declaración anual sobre el estado del



### 3. METODOLOGÍA



El presente inventario de emisiones fue elaborado siguiendo los lineamientos para reporte y cuantificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) establecidos en el Protocolo Global para Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Nivel Comunalidad (GPC por su siglas en inglés)

De acuerdo al GPC las fuentes de emisión de GEI a nivel ciudad se dividen en:

Por otro lado, el protocolo GPC considera seis categorías de fuentes de emisión principales, dentro de estas categorías se incluyen las emisiones de los sectores identificados en el Distrito Metropolitano de Quito:

#### 1. Energía estacionaria



Referidas a las emisiones por consumo de energía de forma directa e indirecta, dentro de las edificaciones del sector residencial, comercial e industrial así como posibles emisiones fugitivas de GEI dentro de estas edificaciones.

#### 2. Transporte (Energía móvil)



Emisiones generadas por el uso de energía (combustibles y energía eléctrica) en el transporte.

#### 3. Residuos



Emisiones generadas por la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios, tratamiento biológico de residuos en estado sólido o líquido, y/o incineración de residuos y tratamiento de aguas residuales.

#### 4. Procesos industriales y uso de productos (IPPU)



Referidas a las emisiones de GEI que se generan en procesos industriales de forma directa (no por el consumo de energía) y/o las emisiones de GEI que se generan por el uso de algunos productos (como por ejemplo lubricantes y disolventes).

#### 5. Agricultura, cambio de uso de suelo y silvicultura (AFOLU)



Son las emisiones de GEI (producto del hombre) de la agricultura, cambios de uso de la tierra principalmente se considera dentro de esta categoría actividades asociadas a la deforestación.

#### 6. Otras emisiones indirectas



Emisiones generadas fuera de los límites de la ciudad debidas al intercambio de bienes y servicios.

Finalmente, el GPC define tres niveles de reporte de acuerdo a las fuentes de emisión que se incluyen en el inventario:



De acuerdo a los límites de la evaluación de la huella de carbono de la ciudad (geográficos y sectoriales), la disponibilidad de información y los objetivos del estudio, las fuentes de emisión que se reportan en el presente estudio corresponden al nivel de reporte: **Básico**.

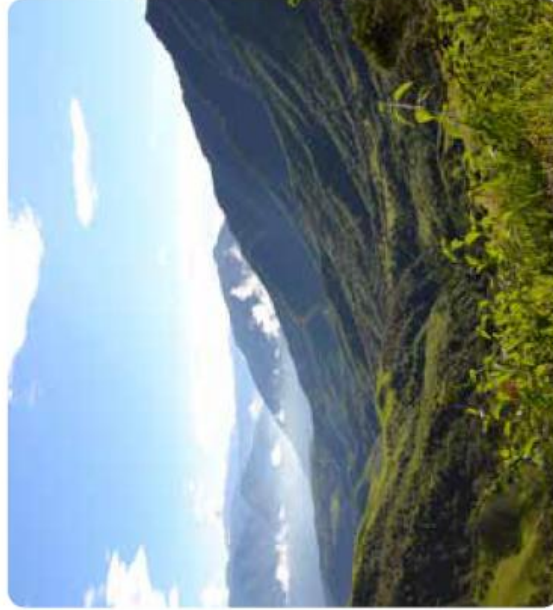


Tabla 1 - Fuentes de emisión

SECTORES DE EMISIÓN	FUENTES DE EMISIÓN GEI			DATOS DE ACTIVIDAD
	ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3	
<b>UNIDADES ESTACIONALES</b>				
EDIFICIOS RESIDENCIALES	Emisiones directas	Emisiones indirectas		Consumo de combustible Consumo de energía eléctrica
INSTALACIONES COMERCIALES, INSTITUCIONALES, OFICIALES	Emisiones directas	Emisiones indirectas		Consumo de combustible Consumo de energía eléctrica
USO INDUSTRIAL DE LA ENERGÍA	Emisiones directas	Emisiones indirectas		Consumo de combustible Consumo de energía eléctrica
<b>UNIDADES MÓVILES</b>				
TRANSPORTE SOBRE VÍA O CAMINO	Emisiones directas	Emisiones indirectas		Consumo de energía eléctrica Consumo de combustible
FUERA DE VÍA	Emisiones directas			Consumo de combustible
AVIACIÓN			Emisiones indirectas	Consumo de combustible
<b>RESIDUOS</b>				
DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Emisiones de rellenos localizados dentro de los límites			Cantidad de residuos depositados
INCINERACIÓN DE RESIDUOS	Incineración de residuos peligrosos			Cantidad y tipo de residuos incinerados

### 3.1 Exclusión de Fuentes de Emisión de GEI

El GPC permite la exclusión de fuentes de emisión a partir de los siguientes criterios:

- » Fuentes de emisión que no sean significativas en relación al total de las emisiones estimadas.
- » Fuentes de emisión que no sean relevantes para la evaluación en función de los objetivos establecidos.
- » Fuentes de emisión en las que no sea factible su cuantificación (principalmente por la falta de recursos/información necesaria para estimar las emisiones).

A partir de los criterios mencionados, las siguientes fuentes de emisión fueron excluidas de la evaluación:



Tabla 2 - Fuentes de emisión excluidas

FUENTE DE EMISIÓN EXCLUIDA	MOTIVOS
Emisiones generadas por la fuga de gases refrigerantes y agentes supresores de fuego.	Falta de información suficiente para estimar la cantidad de gases refrigerantes y agentes supresores de fuego utilizados dentro de los límites.
Emisiones directas por fuga de SF6.	Falta de información suficiente para estimar la cantidad utilizada y las fugas de este tipo de gas.
Emisiones directas en procesos industriales.	Falta de información suficiente para estimar sus emisiones en el presente informe.
Emisiones por uso de productos.	Infactibilidad de cuantificar estas emisiones en el tiempo necesario por no tener la información suficiente para generar una estimación aceptable.
Emisiones por cambio y uso de suelo.	Las emisiones por uso de suelos se añadirán posteriormente.



### 3.2 Mecanismos de Cuantificación de Emisiones de GEI empleados

De forma general el mecanismo de cuantificación empleado consiste en:

"Datos de la actividad generadora de Gases de Efecto Invernadero (GEI) multiplicados por el factor de emisión o remoción de GEI".

$$Eg = Da \cdot FEa$$

Dónde:

**Eg** = corresponde a la emisión del GEI.

**Da** = corresponde al dato de la actividad generadora de GEI.

**FEa** = corresponde al factor de emisión de la actividad generadora.

Los FE relaciona los datos de la actividad con las emisiones o remociones de GEI, es un valor que expresa el peso del GEI dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad emisora.

### 3.3 Fuentes de información

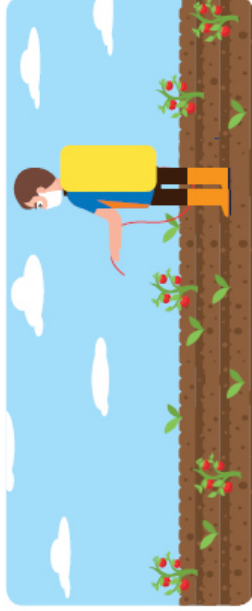
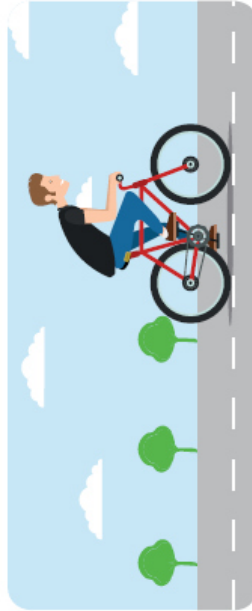
Como se puede observar en la metodología, los principales datos requeridos para el cálculo de la huella de carbono son: consumo de combustibles, consumo de energía eléctrica de cada sector y subsector.

Los factores de emisión provienen de las Directrices del IPCC (IPCC, 2006) y de cálculos a nivel nacional y local; el resto de datos provienen de fuentes oficiales.

Las principales fuentes de información para el cálculo de la huella de carbono son las siguientes:


- » Petroecuador: Datos sobre consumo de combustibles de fuentes móviles.
- » Agencia de Regulación y Control Hidrocarbúrfera: Datos sobre consumo de combustibles de fuentes móviles y fijas.
- » Empresa Eléctrica Quito: Datos de consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores.
- » Corporación Eléctrica del Ecuador: Datos de consumo de combustible para generación eléctrica.
- » Emgirs - Emaseo: Datos de generación, caracterización y disposición de residuos sólidos.



- » Secretaría de Movilidad: Datos de número de vehículos por tipo.
- » Empresa Metropolitana de Transporte de Pasajeros: Datos sobre flota de transporte.



A continuación se presenta un resumen con las principales fuentes de información utilizadas y su nivel de detalle.



SECTOR	SECTOR T	TIPO DE INFORMACIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN	ESPECIALIDAD DE LA INFORMACIÓN
<b>ENERGÍA ESTACIONARIA</b> 	INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA	Consumo de combustibles de las centrales termoeléctricas del (gal/año) DMQ.	CELEC EEO	Datos a nivel DMQ
		Consumo eléctrico en el DMQ MWh/año	EEO	Datos a nivel DMQ
		Factores de conversión: densidad (kg/gal), VCN (TJ/kton)	EEO, PETROECUADOR, IPCC	Datos a nivel nacional
	RESIDENCIAL, COMERCIAL E INSTITUCIONAL	Factor de emisión del S NI (ton CO <sub>2</sub> /MWh)	MAE CONELEC	Datos a nivel nacional
		Factor de emisión: FEC (tonC/TJ)	PCC	Datos a nivel nacional
		Consumo de GLP residencial en el DMQ (gal/año)	EEO, PETROECUADOR, ARCH	Datos a nivel DMQ
	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS Y DE LA CONSTRUCCIÓN	Factores de conversión: densidad (kg/gal), VCN (TJ/kton)	EEO, PETROECUADOR, IPCC	Datos a nivel nacional
		Factor de emisión: FEC (tonC/TJ)	PCC	Datos a nivel nacional
		Consumo de combustibles de las industrias y comercios regulados en el DMQ (gal/año)	MDMQ	Datos a nivel DMQ
		Factores de conversión: densidad (kg/gal), VCN (TJ/kton)	EEO, PETROECUADOR, IPCC	Datos a nivel nacional
		Factor de emisión: FEC (tonC/TJ)	PCC	Datos a nivel nacional

 <b>TRANSPORTE</b>	<b>TRANSPORTE</b>	<p>Número de vehículos según tipo y año modelo.            Actividad vehicular según tipo y año modelo (km/año).            Rendimiento de vehículos según tipo y año modelo (km/gal).            Número de vehículos vendidos al año            Despacho de combustibles de gasolinas (gal/año)            Despacho de combustibles de centros de despacho (gal/año)            Factores de conversión: densidad (kg/gal), VCN (TJ/kton)            Factor de emisión: FEC (tonC/TJ)</p>	<p>Secretaría de Movilidad: AMT (Reportes RTV)</p> <p>AMT</p> <p>EP PETROECUADOR, ARCH</p> <p>EP PETROECUADOR, IPCC</p> <p>IPCC</p>	<p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Datos a nivel de Pichincha</p> <p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Datos a nivel nacional</p> <p>Datos a nivel nacional</p>
 <b>RESIDUOS</b>	<b>RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD</b>	<p>Cantidad de residuos sólidos generados en el DMQ (ton/año)            Cantidad de residuos sólidos depositados en el Relleno Sanitario (ton/año)            Caracterización de residuos sólidos (ton según tipo de desecho)            Cantidad de CH4 recuperado (Gg CH4)            Factores de corrección varios: FCM, COD, F, OX</p>	<p>EMASEO D</p> <p>EMGRIS D</p> <p>EMASEO D</p> <p>EMGRIS D</p> <p>IPCC</p>	<p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Datos a nivel DMQ</p> <p>Valores por defecto</p>

<b>RESIDUOS</b>	<b>INCINERACIÓN DE RESIDUOS</b>	<p>Cantidad de residuos incinerados (ton).</p> <p>Factores de conversión varios:          Contenido carbono, Fracción de Carbono Fósil, Eficiencia, combustión)</p>	Secretaría de ambiente	Datos a nivel DMO
			IPCC	Valores por defecto
			Factor de emisión (Gg/ton)	Valores por defecto



## 4. RESULTADOS DE LAS EMISIONES DEI DEL DMQ AÑO BASE 2015

Mediante el uso de la metodología GPC se estimó el Inventario de Emisiones de GEI en el DMQ para el año 2015.

La Tabla 4 expone los resultados expresados en toneladas (ton CO<sub>2</sub>e), como unidad de medida que permite comparar emisiones entre diferentes sectores y gases tomando en consideración el potencial de calentamiento.

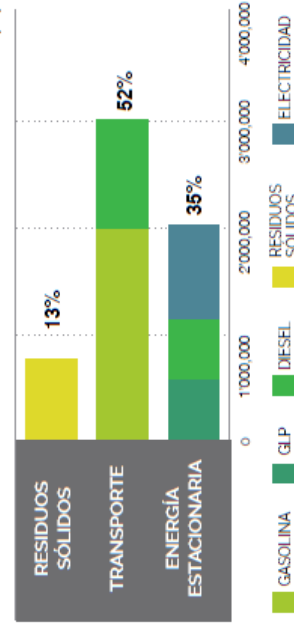
Tabla 4.- Emisiones GEI DMQ 2015 (tonCO<sub>2</sub>e/año)

SECTORES DE FUENTES GASES DE EFECTO INVERNADERO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
ENERGÍA	1'982.640	15.826	301	1'988.306
TRANSPORTE	2'939.020	27.353	37.921	3'004.296
RESIDUOS SÓLIDOS	2.086	764.468	0	766.587
<b>TOTAL</b>	<b>4'923.746</b>	<b>807.647</b>	<b>40.933</b>	<b>5'759.189</b>

### 4.1 Distribución de las emisiones de GEI por sector

El Distrito Metropolitano de Quito registró una emisión neta de Gases del Efecto de Invernadero directos de 5'759.189 ton de CO<sub>2</sub>e, generada en un 52% por el sector Transporte, le sigue el sector energía (el cual corresponde a energía estacionaria que incluye al sector residencial, industrial, comercial/institucional y agricultura) aportando en un 35% a las emisiones de la ciudad, porcentajes asociados a la quema de combustibles fósiles y finalmente está el sector de residuos que representa un 13% de las emisiones de Quito.

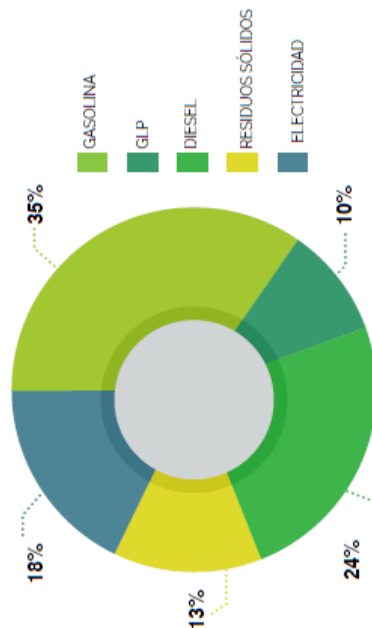
Gráfico 1.- Distribución sectorial de huella de carbono DMQ 2015 (%)



#### 4.2 Distribución de las emisiones de GEI por fuente

Al realizar el análisis por fuente de emisión se observa que la principal fuente es la gasolina con un 35% de las emisiones, seguido del diésel con 24%, el consumo de energía eléctrica 18%, la disposición de residuos sólidos 13% y el consumo de GLP 10%, el gas natural, querosene de aviación y combustible residual aportan con porcentajes mínimos por lo que son despreciables.

Gráfico 2.- Distribución por fuente de Emisión GEI directos DMQ 2015 (%)



#### 4.3 Distribución de las emisiones de GEI por tipo de gas

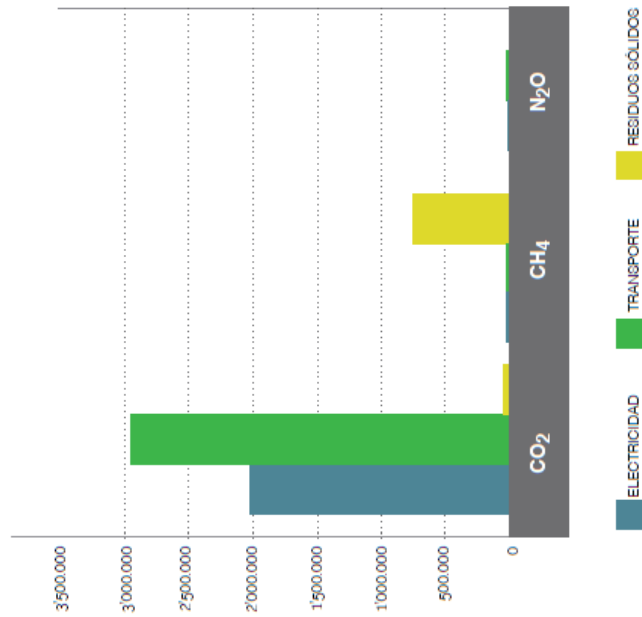
Por volumen de emisiones, el dióxido de carbono aparece como el principal GEI (85%), que proviene de la quema de combustibles fósiles de los sectores transporte y energía.

El 14% corresponde al metano proviene principalmente del sector residuos sólidos que resulta de la disposición de residuos sólidos.

El 1% es  $N_2O$ , que proviene del sector transporte y residuos.

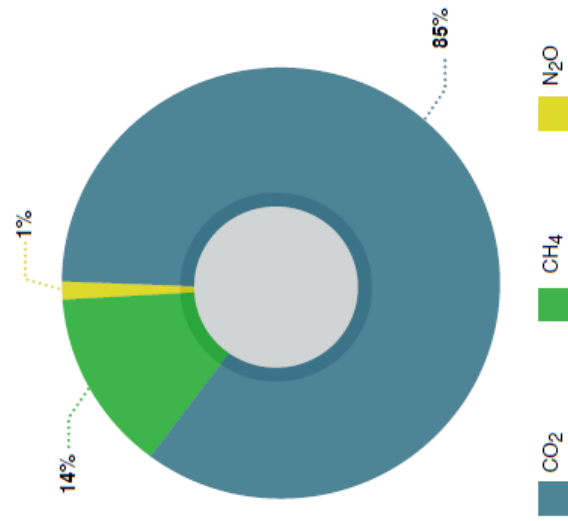


Gráfico 3.- Distribución de las emisiones 2015 por tipo de gas (ton CO<sub>2</sub>e)



El gas que le sigue en porcentaje es el metano (14%) y el óxido nítrico (1%), como se muestra en el Gráfico 4.

Gráfico 4.- Distribución de las emisiones por tipo de gas (%)



## 5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS EMISIONES DE LOS AÑOS 2011 Y 2015

La huella de carbono en el año 2011 fue 5'218.318 ton CO<sub>2</sub>e, lo que indica que en el 2015, las emisiones totales han aumentado en un 9,39%.

Esto se debe principalmente al incremento de las emisiones del sector energía estacionaria, tal como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 5.- Comparación Inventario 2011-2015 (tonCO<sub>2</sub>e/año)

SECTORES DE FUENTES GASES DE EFECTO INVERNADERO	2011 ton CO <sub>2</sub> e	2015 ton CO <sub>2</sub> e	% INCREMENTO
ENERGÍA ESTACIONARIA	1'604.706	1'988.306	19,29
TRANSPORTE	2'902.405	3'004.296	0,39
RESIDUOS SÓLIDOS	711.207	766.687	7,22
<b>TOTAL</b>	<b>5'218.318</b>	<b>5'759.189</b>	<b>9,39</b>

Respecto a las emisiones totales, el sector con mayor porcentaje en ambos años es el de transporte, seguido del sector energía estacionaria y finalmente el de residuos, que no ha aumentado significativamente.

Gráfico 5.- Emisiones 2011 y 2015 por sector (%)

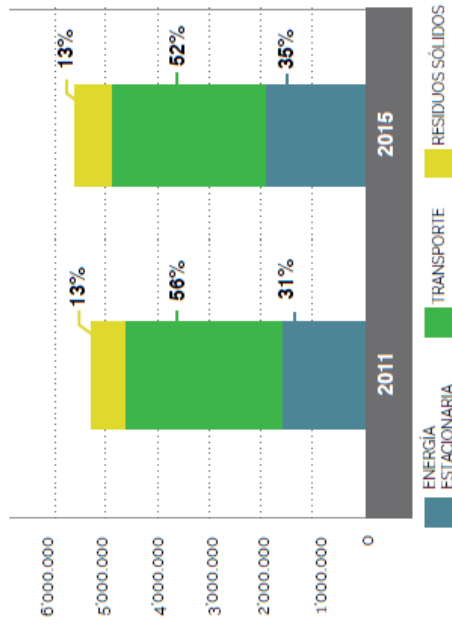
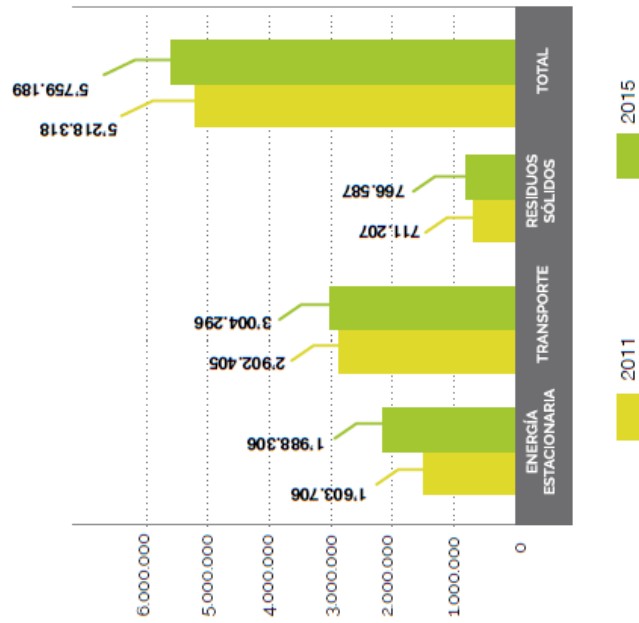


Gráfico 6.- Emisiones 2011 y 2015 por sector



ANÁLISIS POR SECTOR



Transporte

El sector transporte genera 3'004.296 ton CO<sub>2</sub>e, el 66% de éstas corresponde al consumo de gasolina, mientras que el 33% corresponde al diésel.

Este sector tiene un incremento del 3.3% de las emisiones respecto al 2011, lo que se debe al aumento del consumo de gasolina.

Gráfico 7.- Emisiones 2011 y 2015 del Sector Transporte





Esta variación, que es la menor respecto a los otros sectores, demuestra que el transporte es un sector priorizado en las políticas del municipio, sin embargo es necesario reforzar las iniciativas para disminuir el uso de transporte privado.



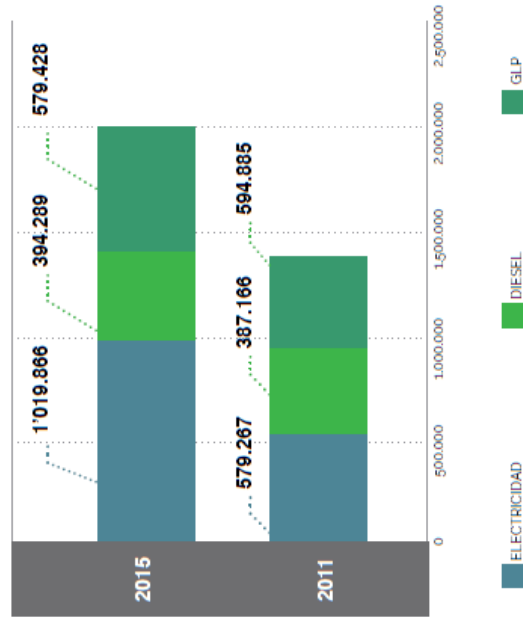
### Energía estacionaria

El sector energía estacionaria tiene un incremento del 18,9% respecto a las emisiones del 2011.

Al analizar por fuente de emisión, se evidencia un incremento del 43% en las emisiones por consumo de electricidad, mientras que las emisiones por consumo de GLP han disminuido un 5% respecto al 2011. Estas

variaciones se deben a las políticas de cambio de matriz energética impulsadas por el Gobierno Nacional.

Gráfico 8 - Emisiones 2011 y 2015 del Sector Energía Estacionaria



En el sector residuos se tiene un incremento del 7,2% de las emisiones, esto se debe al aumento de la población y por tanto de la generación de residuos sólidos que llegan al relleno sanitario.

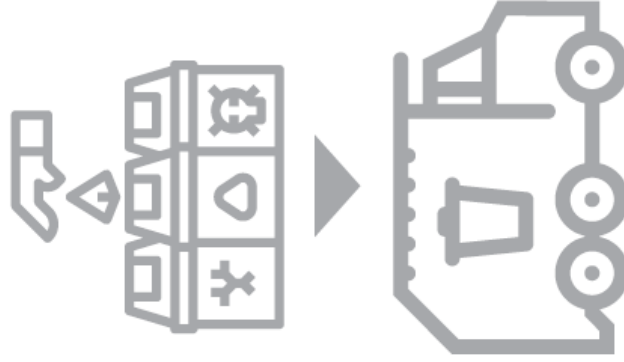
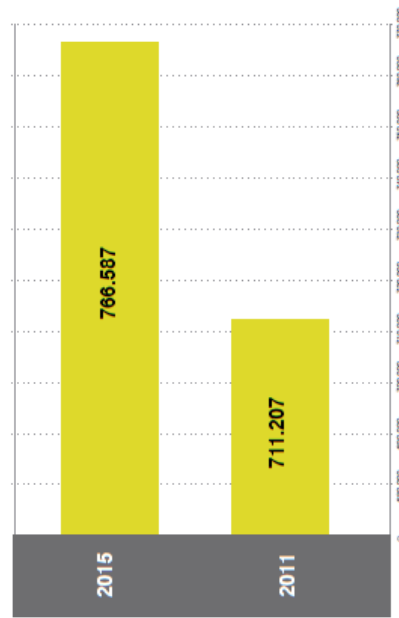


Gráfico 9.- Emisiones 2011 y 2015 del Sector Residuos



## 6. PROYECCIÓN AL 2040 HUELLA DE CARBONO



El escenario BAU proyecta la trayectoria de las emisiones futuras hasta el año 2030 bajo condiciones tendenciales de crecimiento.

Para determinar un escenario de emisiones "Business as Usual" (BAU) al año 2040, es necesario considerar la evolución esperada de las distintas variables socioeconómicas que caracterizan a la ciudad. Se eligieron

las tasas de crecimiento de la población y del PIB /cápita como proxy de la actividad y su respectivo crecimiento en las emisiones resultantes.

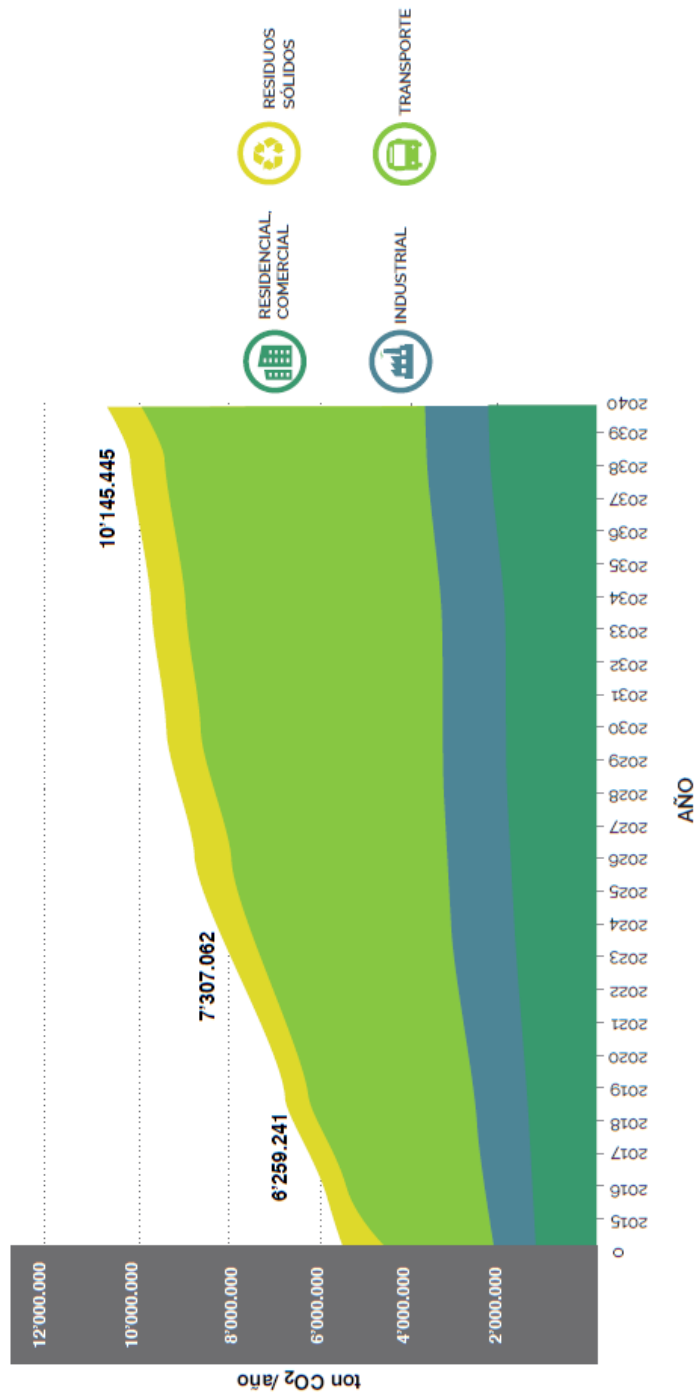
La Tabla 6 muestra las tasas de crecimiento de la población específica de la ciudad y del PIB.

Tabla 6.- *Tasas de Crecimiento Poblacional Business-as-Usual, para los sectores de Energía, Transporte y Residuos*

FACTOR CRECIMIENTO	TASA PROMEDIO DE CRECIMIENTO ANUAL		
	2015-2019	2020-2025	2025-2040
POBLACIÓN	1,80%	1,80%	1,20%
PIB/CÁPITA	0,30%	1,00%	1,00%
POBLACIÓN & PIB/CÁPITA	2,1%	2,8%	2,2%

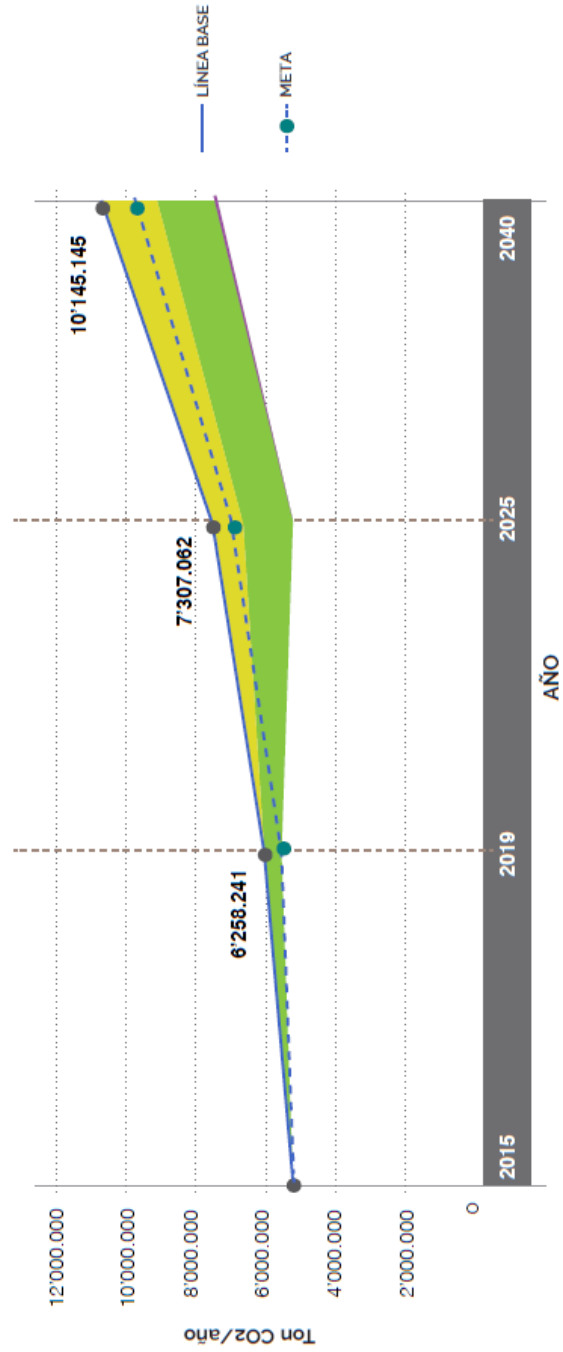
Para el año 2040 las emisiones de GEI proyectadas en un escenario BAU ascienden a 1'145.445 ton CO<sub>2</sub>e, lo que representa un incremento del 43% si no se implementan acciones de reducción.

Gráfico 7.- Proyección de las emisiones DMQ



## 7. META DE REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO

Quito ha establecido en su Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2025 una meta de reducción de 5% de las emisiones proyectadas, a partir de 2019.



## 8. CONCLUSIONES

- » La Huella de Carbono del DMQ en 2015 fue 5'759.189 ton CO<sub>2</sub>e, causada en 82% por las emisiones de Alcance 1, y el 18% restante las emisiones de Alcance 2.
- » Las fuentes de emisión más importantes, en término de mayor aporte a la huella de carbono, son el consumo de gasolina y de diésel en el sector transporte (ambas de Alcance 1). Estas fuentes de emisión sumadas representan el 52% de la HC total del DMQ (3'001.672 ton CO<sub>2</sub>e).
- » En el Alcance 1 también se incluyeron las emisiones relacionadas con la disposición final de residuos sólidos. Las 647 mil toneladas que recibió el relleno sanitario de El Inga provenientes del DMQ, al descomponerse generaron 766.587 ton CO<sub>2</sub>e, equivalente a 13% de la huella de carbono del DMQ. La incineración, otra fuente de Alcance 1 en este sector, generó 2.119 ton CO<sub>2</sub>e, menos del 1% de la huella de carbono del DMQ.
- » Una fuente importante de emisión dentro del Alcance 2 es la energía eléctrica, el consumo de este recurso generó 1'022.269 ton CO<sub>2</sub>e, 18% de la huella de carbono del DMQ.
- » El análisis por sectores arroja que el sector transporte es responsable del 52% de la huella de carbono total del DMQ en 2015, con 3'004.296 ton CO<sub>2</sub>e; este sector es el principal aportante. En segundo lugar está el sector energía estacionaria con 1'988.306 ton de CO<sub>2</sub>e, que equivale al 35% de las emisiones, finalmente está el sector residuos sólidos con 766.587 ton de CO<sub>2</sub>e, que representa el 13% de la huella de carbono total.
- » Quito ha establecido en su Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2025 una meta de reducción de 5% de las emisiones proyectadas, a partir de 2019. Del análisis de acciones existentes o planificadas a nivel local (sistema de captura y quema de metano en relleno sanitario, y Metro de Quito), y de acciones comprometidas, en base a la herramienta CURB - Climate Action for Urban Sustainability, desarrollada por C40 con AECOM y financiamiento del Banco Mundial y Bloomberg Philanthropies, se concluye que las reducciones de emisiones superarían el este porcentaje, lo que abre un espacio de reevaluación sobre el nivel de ambición de la meta de reducción de Quito.



**TU HUELLA DE CARBONO EN QUITO**





## 1. ANTECEDENTES

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) a través de la Secretaría de Ambiente ha implementado un proceso de gestión local de cambio climático, en el marco de implementación de políticas desarrolladas para este sector, como la Estrategia Quiteña al Cambio Climático, el Plan de Acción Climático de Quito; y en un mayor nivel la Agenda Ambiental y el Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del DMQ 2015-2025.

En el marco de este proceso la Secretaría de Ambiente desde el año 2008, ha venido actualizando de forma cuatrienal el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

Por otra parte, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), a través de su Programa Bosques Andinos (PBA), busca reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y pobladores en paisajes Andinos frente a los efectos del cambio climático. Para alcanzar este objetivo, CONDESAN prioriza la generación, sistematización y diseminación de información clave a partir de investigación realizada en la región por una red amplia de investigadores e instituciones. La elaboración de inventarios

de emisiones GEI a nivel territorial representa un insumo adicional para la consecución de este objetivo.

Bajo este antecedente, y como parte de los esfuerzos colaborativos entre la Secretaría de Ambiente y el CONDESAN, se desarrolló el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero 2015, del sector AFOLU (Agricultura, uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura), en base a la metodología de cálculo del IPCC (1996) y del Global Protocol Community (GPC).



## 2. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno mundial originado por el aumento de gases de efecto invernadero (GEI), debido al uso de combustibles fósiles, la deforestación, cambios en el uso del suelo, prácticas agrícolas inadecuadas, entre otros. A nivel mundial las estimaciones más confiables evidencian un incremento continuo de las emisiones GEI durante las últimas décadas.

Los estudios realizados por el IPCC (2014) muestran un aumento neto de las emisiones de aproximadamente el 78% entre 1970 y 2010. Para el 2010 un total de aprox. 49 (4.5-/+ ) Gton CO<sub>2</sub>e fueron emitidas a la atmósfera, siendo las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a procesos industriales y quema de combustibles fósiles el principal contribuyente, con un 65% del total (Edenhofer et al, 2014).

En cuanto al sector AFOLU (Agricultura, uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura), el cual resulta de interés para el presente estudio, genera globalmente el 24% de las emisiones GEI. Sin embargo, se observan importantes diferencias a nivel regional. Mientras que en los países del OCDE las emisiones de dichos sectores corresponden a <13% del total, en Latinoamérica y el Caribe éstas pueden sobrepasar el 30% (Smith et al., 2014). Esto evidencia la alta

relevancia de las emisiones asociadas al sector rural en los países en desarrollo, así como el alto potencial de mitigación existente en esta área.

El sector agricultura, específicamente, contribuye a nivel nacional con cerca del 50% de las emisiones totales de acuerdo al último cálculo oficial (año base 2006), siendo de esta manera el mayor contribuyente a las emisiones totales GEI del país.

En el caso del DMQ el sector agricultura es el cuarto en importancia para el DMQ, por detrás de los sectores Energía (57.0%), USCUS (17.9%) y Desperdicios (17.8%). Sin embargo, cabe recalcar que más del 86% de las emisiones de N<sub>2</sub>O provienen de actividades agrícolas.

Por otro lado, el sector uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUS), contribuye a nivel nacional con cerca del 39% de las emisiones totales de acuerdo al último cálculo oficial (año base 2006), siendo de esta manera el segundo mayor contribuyente a las emisiones totales GEI del país.

En el caso del DMQ este sector es el segundo en importancia para el DMQ, únicamente por detrás del sector Energía (57.0%) y con valores muy similares al sector Desperdicios (17.8%). Cabe anotar que más del 97% de las emisiones GEI del sector USCUS corresponden a emisiones de CO<sub>2</sub>.

A continuación se presentan los resultados correspondientes al año base 2015 del Inventario de Emisiones de Gases del Efecto de Invernadero del DMQ, Sector rural AFOLU.



### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE SECTOR AFOLU

Para el cálculo de las emisiones GEI del sector AFOLU, año base 2015, se utilizó la metodología descrita en las "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada de 1996" (IPCC, 1996a). Dentro de la metodología de cálculo del IPCC se considera la cuantificación de GEI directos e indirectos. Los GEI directos son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nítrico (N<sub>2</sub>O).

Los GEI indirectos considerados son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), halocarburos (HFC, PFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Para el Sector Agricultura la metodología del IPCC contempla el cálculo de los cinco subsectores: ganado doméstico; cultivo de arroz (no aplica para el DMQ); quema de sabanas; quema en el campo de residuos agrícolas; y suelos agrícolas.

Para el Sector USCUS (uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura) la metodología del IPCC contempla el cálculo de los cinco subsectores: cambios de biomasa en bosques; emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la conversión

de bosques y praderas; quema in situ de bosques; abandono de las tierras cultivadas; y emisiones o absorción de CO<sub>2</sub> en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra.

Los cálculos se realizaron en base al Nivel de Análisis 1 (Tier1), con información correspondiente al año 2015, aplicando ecuaciones y cálculos específicos para cada subsector.





## 4. INFORMACIÓN UTILIZADA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DEL SECTOR AFOLU

### 4.1 Agricultura

Los datos requeridos para el cálculo de las emisiones de GEI del Sector Agricultura son: número total de animales domésticos (ganado bovino, ovejas, cerdos, pollo, etc.), superficie total de páramo quemado, producción de principales cultivos del DMQ, cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados y diversos factores de emisión.

Las principales fuentes de información para la elaboración del Inventario de Emisiones GEI del DMQ Sector Agricultura son las siguientes:

- » **INEC:** Datos sobre número de animales y rendimiento de principales cultivos
- » **Agrocalidad:** Número de cabezas de ganado bovino
- » **IEE:** Mapa de cultivos
- » **Secretaría de Ambiente:** Información sobre incendios y quemas
- » **BCE:** Información sobre importación de fertilizantes nitrogenados.

Los factores de emisión provienen del Libro de Trabajo del Sector Agricultura de las Directrices del IPCC (IPCC, 1996b), mientras que el resto de datos provienen de estudios realizados a nivel nacional, provincial o local, priorizándose siempre la fuente oficial.

A continuación se presenta un resumen con las principales fuentes de información utilizadas y su nivel de detalle.



Matriz Resumen. Fuentes de Información utilizadas, Inventario GEI DMQ Sector Agricultura

SUBSECTOR	TIPO DE INFORMACIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN	ESPECIALIDAD DE LA INFORMACIÓN
GANADO DOMÉSTICO	Número de animales domésticos (cabezas)	INEC / MAGAP / Agrocalidad	Datos a nivel Pichincha /DMQ
	Factores de Emisión varios (FEF, FEE, Nex, FE3)	IPCC	Datos a nivel nacional
QUEMA DE PARAMOS	Superficie de total de los páramos quemados (kha)	Secretaría de ambiente	Datos a nivel DMQ
	Factores de Emisión y conversión varios (DB, FQ, FV, FM, FC, FO, FE)	IPCC	Datos a nivel nacional
QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS	Rendimiento de los cultivos (ton/ha)	INEC	Datos a nivel Pichincha
	Superficie total de principales cultivos (ha)	IEE	Datos a nivel DMQ
	Factores de Emisión y conversión varios (RES, MS, FOC, FO, FC, FE)	IPCC	Datos a nivel DMQ
SUELOS AGRÍCOLAS	Número de animales domésticos (cabezas)	INEC / MAGAP / Agrocalidad	Datos a nivel Pichincha /DMQ
	Cantidad de fertilizantes nitrogenados utilizados (kg)	BCE/Secretaría del ambiente	Datos a nivel nacional
	Cultivos en histosoles (Gg)	IEE	Datos a nivel DMQ
	Factores de Emisión y conversión varios	IPCC	Datos a nivel nacional

#### 4.2 USCUS (Uso del Suelo, cambio en el uso del Suelo y Silvicultura)

Los datos requeridos para el cálculo de las emisiones de GEI del Sector USCUS son: *aprovechamiento forestal en el DMQ, superficie total de plantaciones forestales y zonas de reforestación activa y pasiva, mapa de cambio en el uso de suelo (multitemporal >20 años), tasa de deforestación, clasificación mineral de los suelos, mapas climáticos y diversos factores de emisión.*

Las principales fuentes de información utilizadas para el cálculo del sector USCUS son las siguientes:

- » **FONAG:** Datos sobre campañas de reforestación.
- » **MAE:** Aprovechamiento forestal; Nivel de contenido de carbono en la biomasa aérea, según tipo de bosques.
- » **IEE:** Mapa taxonómico de los suelos minerales.
- » **Secretaría de Ambiente:** Datos sobre campañas de reforestación; Mapa de tipos climáticos, de acuerdo a clasificación IPCC; Mapa de cobertura vegetal.
- » **Equipo consultor:** Mapa multitemporal de cambios en el uso del suelo.

Respecto a los factores de emisión, a partir del presente inventario se podrán utilizar factores generados localmente sobre contenido de carbono de la biomasa forestal, de acuerdo a las distintas categorías de bosque existentes en el Ecuador.

Estos factores de emisión han sido estimados en el marco del programa "Evaluación Nacional Forestal", del Ministerio del Ambiente (MAE, 2014) y representan un avance muy significativo en la disminución del nivel de incertidumbre del inventario de emisiones GEI para el sector USCUS.



Fuentes de Información utilizadas, Inventario GEI DMQ Sector *USCUSS*

SUBSECTOR	TIPO DE INFORMACIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN	ESPECIALIDAD DE LA INFORMACIÓN
CAMBIO DE BIOMASA EN BOSQUES Y PRADERAS	Plantaciones forestales y superficies reforestadas (kha)	Secretaría de ambiente/FONAG	Datos a nivel DMQ
	Aprovechamiento forestal	MAE	Datos a nivel DMQ
	Factores de emisión varios (TAC, FCms, Fexp)	IPCC	Datos a nivel nacional
CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS	Tasa de deforestación año de inventario (kha/año)	Mapa Multitemporal CUT	Datos a nivel DMQ
	Tasa de deforestación promedio de los últimos 10 años (kha/año)	Mapa Multitemporal CUT	Datos a nivel DMQ
	Tipos de clima según clasificación IPCC	Secretaría de Ambiente	Datos a nivel DMQ
	Factores de Emisión y conversión varios (BAC, BDC, FQ, FO, FC)	MAE/IPCC	Datos según el tipo de bosque / Datos a nivel nacional
QUEMA IN SITU DE BOSQUES	Factores de Emisión GEI	IPCC	Datos a nivel nacional
ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS	Superficies abandonadas en proceso de regeneración (kha)	Mapa Multitemporal CUT	Datos a nivel DMQ
	Tipos de clima según clasificación IPCC	Secretaría de Ambiente	Datos a nivel DMQ
	Factores de conversión varios (TAC, FCb)	MAE/IPCC	Datos según el tipo de bosque / Datos a nivel nacional
MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA	Mapa de suelos minerales	EE	Datos a nivel DMQ
	Mapa de cambios en los usos del suelo durante los últimos 20 años (Mapa Multitemporal)	Mapa Multitemporal CUT	Datos a nivel DMQ
	Factores de conversión (CS)	IPCC	Datos a nivel nacional

## 5. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI POR SECTOR

### 5.1 Resultados de las Emisiones GEI Sector Agricultura del DMQ, Año base 2015

Tabla 1. Emisiones GEI Sector Agricultura DMQ, año base 2015

FUENTE	CH <sub>4</sub> [Gg/año]	N <sub>2</sub> O [Gg/año]	NO <sub>x</sub> [Gg/año]	CO [Gg/año]
GANADO DOMESTICO	6,89	0,04	-	-
QUEMA SÁBANAS (PÁRAMOS)	0,003	0,00	0,001	0,07
QUEMA RESIDUOS AGRÍCOLAS	0,07	0,002	0,06	1,4
SUELOS AGRÍCOLAS	-	1,07	-	-
<b>AGRICULTURA TOTAL</b>	<b>6,96</b>	<b>1,11</b>	<b>0,064</b>	<b>1,48</b>

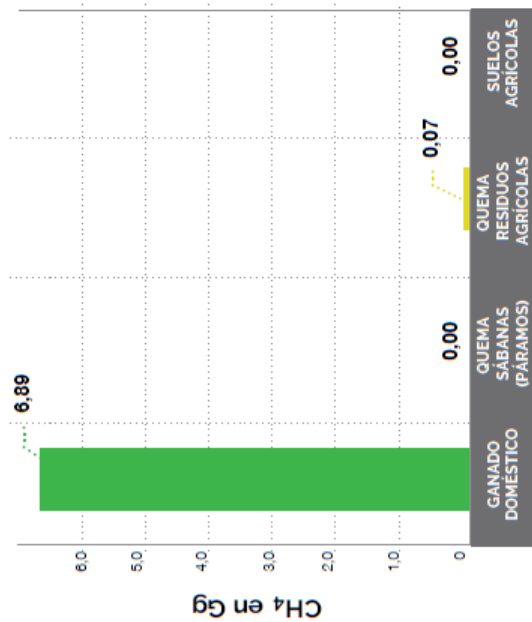
#### 5.1.1 Emisiones GEI Sector Agricultura DMQ, año base 2015

En el presente estudio se realizó el cálculo de las emisiones GEI de los subsectores: ganado doméstico, quema de residuos agrícolas, quema de páramo y emisiones de suelos agrícolas, correspondientes al Sector Agricultura. Las emisiones totales de los siguientes GEI han sido cuantificadas: CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y CO.

Los resultados para el DMQ, año base 2015, fueron los siguientes: 6,96Gg CH<sub>4</sub>, 1,11Gg N<sub>2</sub>O, 0,064Gg NO<sub>x</sub> y 1,48Gg CO.

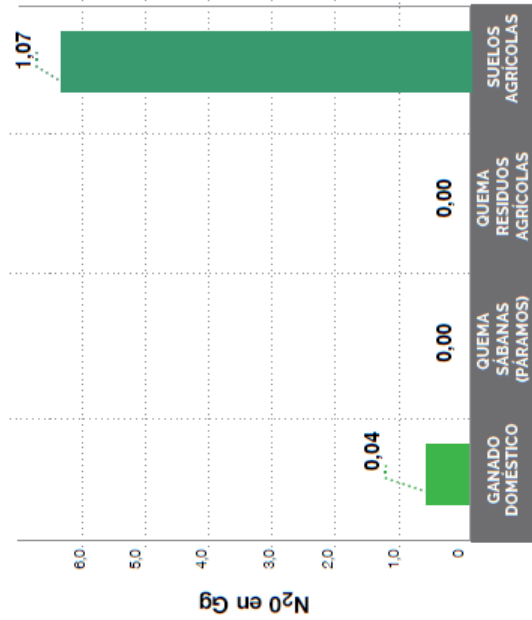
La tabla 1 y las figuras 1 y 2 presentan el detalle de los resultados totales y las contribuciones sectoriales.

Figura 1. Emisiones sectoriales CH<sub>4</sub>, DMQ 2015 [Gg/año]



Los resultados presentados reflejan las emisiones totales de GEI directos (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) e indirectos (NO<sub>x</sub> y CO) generadas en el sector agricultura. El sector con las emisiones más altas del GEI CH<sub>4</sub> corresponde al ganado

Figura 2. Emisiones sectoriales N<sub>2</sub>O, DMQ 2015 [Gg/año]



doméstico, mientras que las emisiones de N<sub>2</sub>O son generadas prácticamente en su totalidad por los suelos agrícolas.

### 5.1.2 Emisiones de GEI en el Sector Agricultura, ton CO<sub>2</sub>e. DMQ 2015

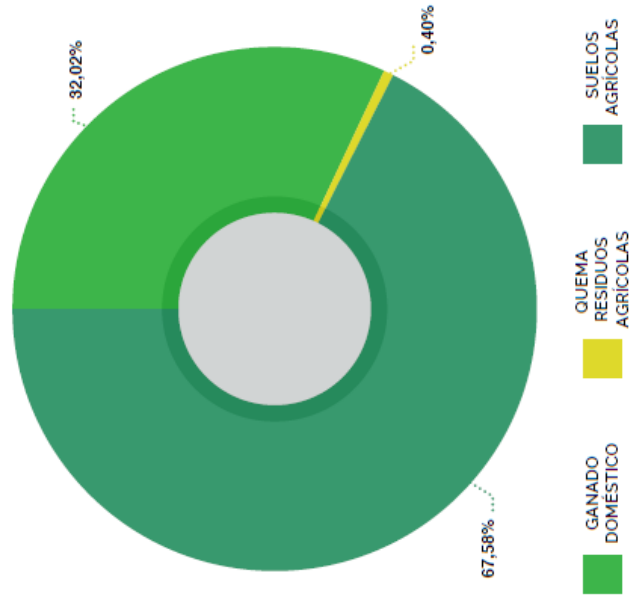
En base a los resultados analizados a continuación, se presenta un resumen detallado sobre las emisiones GEI del sector Agricultura, para cada uno de sus subsectores y categorías de GEI.

Se utiliza la medida ton CO<sub>2</sub>e para presentar los resultados, de tal manera que se pueda comparar el impacto relativo de los distintos subsectores y gases analizados.

FUENTE	CH <sub>4</sub> [ton/CO <sub>2</sub> e]	N <sub>2</sub> O [ton/CO <sub>2</sub> e]	NO <sub>x</sub> [ton/CO <sub>2</sub> e]	Total GEI [%]
GANADO DOMESTICO	144.742,8	12.484,7	157.227,6	32%
QUEMA RESIDUOS AGRICOLAS	1.4112,0	541,7	963,7	0,4%
SUELOS AGRICOLAS	-	330.143,1	331.818,1	67,6%
<b>AGRICULTURA TOTAL</b>	<b>146.154,8</b>	<b>344.844,4</b>	<b>490.999,3</b>	<b>100%</b>

Tabla 2. Emisiones GEI Sector Agricultura DMQ. año base 2015 (ton CO<sub>2</sub>-eq)

Figura 3. Aporte Subsectores emisiones totales GEI Agricultura, DMQ 2015





Se puede observar que 67.6% de las emisiones totales del sector Agricultura provienen de los suelos agrícolas, mientras que el 32.02% están asociadas al ganado doméstico.

Estos resultados indican la necesidad de focalizar las estrategias de mitigación en el sector agropecuario hacia dos actividades, principalmente:

- 1) El mejoramiento de procesos de fertilización de los suelos; y 2) la transformación del sector pecuario hacia prácticas ambientalmente más adecuadas, especialmente en lo referente al manejo de los residuos de los animales. Dentro de este rubro el manejo del ganado bovino tiene un rol preponderante, puesto que más del 94% de las emisiones de CH<sub>4</sub> son producidas por los procesos de fermentación entérica de estos rumiantes.



### 5.1.3 Distribución de emisiones por Sub sectores

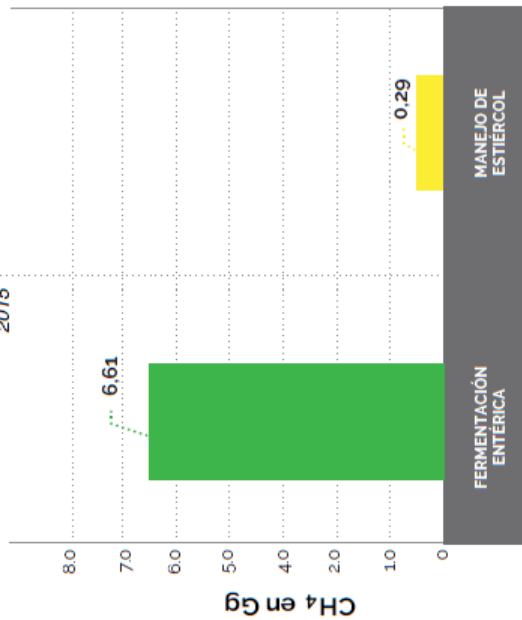
5.1.3.1 Emisiones GEI Subsector Ganado Doméstico DMQ, año base 2015

Dos categorías generadoras de emisiones GEI se cuantifican dentro del subsector ganado doméstico: fermentación entérica (CH<sub>4</sub>) y manejo del estiércol producido por los animales (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O). La tabla 3 y la figura 4 presentan un detalle de las emisiones de este subsector.

Tabla 3. Emisiones GEI Ganado Doméstico DMQ, año base 2015

FUENTE	CH <sub>4</sub> [Gg/año]	N <sub>2</sub> O [Gg/año]	NO <sub>x</sub> [%]	CO [%]
FERMENTACIÓN ENTERICA	6.61	--	96%	
MANEJO DE ESTIERCOL	0.29	0.04	4%	100%
GANADO DOMESTICO	6.89	0.04	100%	100%

Figura 4. Emisiones CH4 Ganado Doméstico DMO, año base 2015



El mayor aporte a las emisiones GEI del ganado doméstico proviene de la fermentación entérica, proceso que se genera principalmente en los animales ruminantes. Las emisiones asociadas al manejo del estiércol están principalmente determinadas por la cantidad de animales domésticos, según categoría. La mayor parte de las emisiones provienen del ganado doméstico lechero y no lechero, del ganado porcino, y de la producción avícola.

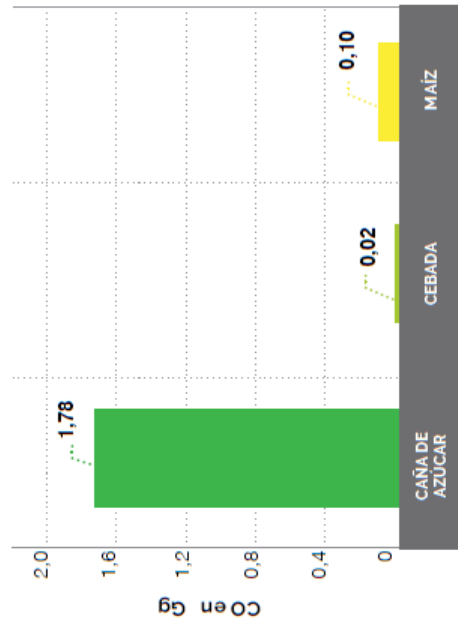
### 5.1.3.2 Emisiones GEI Subsector Quemadas de Residuos Agrícolas DMO, año base 2015

La Quema de Residuos Agrícolas genera emisiones GEI directas e indirectas. El nivel de las emisiones depende principalmente del nivel de producción de los cultivos, la generación de residuos y las prácticas de quemas existentes. Tres tipos de cultivos fueron incluidos en el cálculo, en base a su importancia relativa en la emisión de GEI: caña de azúcar, cebada y maíz. A continuación se presentan los resultados para los cultivos considerados:

Tabla 4. Emisiones GEI quema de cultivos DMO 2015, según tipo de cultivo

TIPO DE CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA (kha)	PRODUCCIÓN (t)	CH <sub>4</sub> (t/año)	N <sub>2</sub> O (t/año)	NO <sub>2</sub> (t/año)	CO (t/año)
CAÑA DE AZÚCAR	3695.4	357.2	0.08	0.0021	0.08	1.78
CEBADA	88.0	0.1	0.0001	0.0000	0.0001	0.002
MAIZ	5802.6	9.4	0.005	0.0002	0.01	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>9586.1</b>		<b>0.09</b>	<b>0.0022</b>	<b>0.08</b>	<b>1.88</b>

Figura 5. Emisiones CO quema de cultivos



Las emisiones generadas por la quema de residuos agrícolas provienen principalmente de la quema de caña de azúcar, seguidas por las emisiones provenientes de la quema de maíz. La producción de caña de azúcar, además de ser la de mayor volumen en el DMQ, genera una gran cantidad de residuos, los cuales son en su mayoría quemados en el campo.

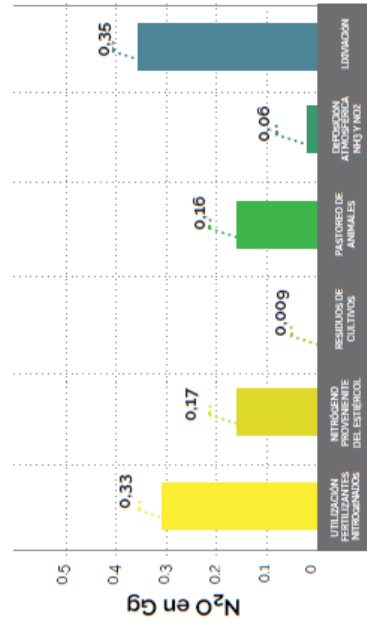
### 5.1.3.3 Emisiones GEI Subsector Suelos Agrícolas DMQ, año base 2015

El subsector suelo agrícola es el principal emisor de  $N_2O$  en el sector agropecuario. Las emisiones se dividen en: emisiones directas (fertilizantes nitrogenados, estiércol y residuos de cultivos), emisiones ocasionadas por el pastoreo de animales y emisiones indirectas (deposición atmosférica  $NH_3$  y  $NO_x$  y lixiviación). A continuación se presentan los resultados para este subsector.

Tabla 5. Emisiones  $N_2O$  Suelos Agrícolas, DMQ 2015

FUENTE	$N_2O$ (Gg/año)	$N_2O$ (%)
UTILIZACIÓN FERTILIZANTES NITROGENADOS	0,33	30,7%
NITRÓGENO PROVENIENTE DEL ESTIÉRCOL	0,17	15,16%
RESIDUOS DE CULTIVOS	0,009	0,8%
PASTOREO DE ANIMALES	0,16	14,5%
DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA $NH_3$ Y $NO_x$	0,06	5,9%
LIXIVIACIÓN	0,35	32,5%
<b>TOTAL</b>	<b>1,07</b>	<b>100,0%</b>

Figura 6. Emisiones N<sub>2</sub>O Suelos Agrícolas, DMQ 2015



Dentro del subsector suelos agrícolas, la utilización de fertilizantes nitrogenados y la lixiviación constituyen los principales contribuyentes a las emisiones de N<sub>2</sub>O. Las emisiones por lixiviación, así como las emisiones por deposición atmosférica de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, son emisiones indirectas de procesos físicos y químicos relacionados con la utilización de fertilizantes nitrogenados y la generación de estiércol por parte de animales domésticos.

Por lo tanto, se puede concluir que más del 60% de las emisiones totales de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas son causadas por la utilización de fertilizantes nitrogenados en los cultivos

agrícolas, con el objetivo de aumentar el rendimiento de los cultivos.

### 5.2 Emisiones GEI Sector USCUISS (Uso del suelo, cambio en el uso del suelo y Silvicultura) DMQ, año base 2015

En el presente estudio se realizó el cálculo de las emisiones GEI de los subsectores: cambios de biomasa en bosques; conversión de bosques y praderas; abandono de las tierras cultivadas; manejo y cambio de uso de las tierras, correspondientes al Sector USCUISS. Las emisiones/remociones de CO<sub>2</sub> fueron estimadas para este sector, así como las emisiones traza de los GEI más importante de este subsector es el CO<sub>2</sub> (>95% de las emisiones totales), por lo cual el análisis de los resultados se centrará en este gas. La tabla 6 y la figura 7 presentan un resumen de las emisiones y remociones de cada subsector.

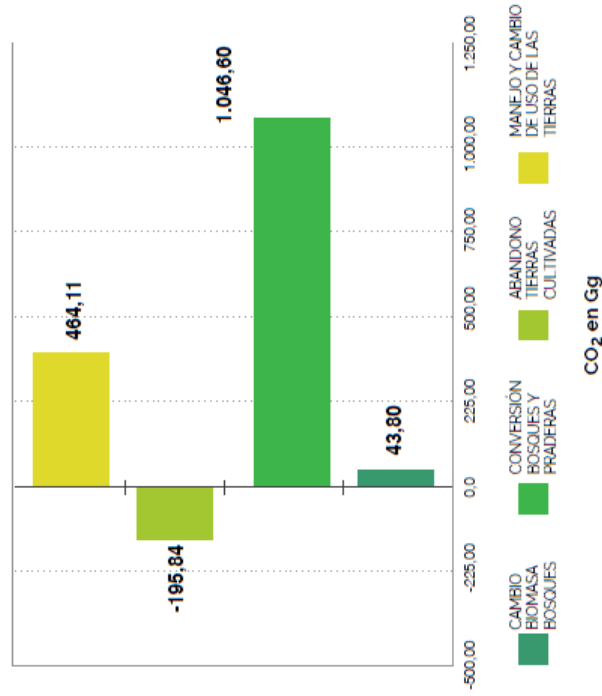


Tabla 6. Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> Sector USCUUS DMQ, año base 2015

FUENTE	EMISIONES CO <sub>2</sub> [Gg]	REMOCIONES CO <sub>2</sub> [Gg]	VALOR NETO CO <sub>2</sub> [Gg/año]
CAMBIO BIOMASA BOSQUES	58,37	-14,57	43,89
CONVERSIÓN BOSQUES Y PRADERAS	1.046,60	-	1.046,60
ABANDONO TIERRAS CULTIVADAS	-	-195,84	-195,84
MANEJO Y CAMBIO DE USO DE LAS TIERRAS	464,11	-	464,11
<b>USCUUS TOTAL</b>	<b>1.569,08</b>	<b>-210,41</b>	<b>1.358,67</b>



Figura 7. Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> Sector USCUUS DMQ, año base 2015



Los resultados presentados reflejan las emisiones y remociones totales de CO<sub>2</sub> generadas en el sector USCUS. Las emisiones más altas provienen de la conversión de bosques y praderas, seguidas por el cambio en los usos de las tierras. Ambos subsectores están relacionados con la pérdida de ecosistemas naturales debido a incrementos en las áreas cultivadas o edificadas en el territorio del DMQ. Mientras tanto, el único sector en el cual se observan remociones netas corresponde al abandono de tierras cultivadas. En este caso las remociones se producen en áreas anteriormente intervenidas por actividades humanas que, después de su abandono, paulatinamente recuperan sus condiciones naturales.

Para profundizar el análisis de este sector, a continuación se detalla las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a cada subsector, así como un resumen acerca de las emisiones traídas de los otros GEI directos e indirectos.

### 5.2.1 Distribución de emisiones USCUS por Sub sectores

5.2.1.1 Emisiones/Remociones GEI Subsector cambio biomasa de bosques, año base 2015

Este subsector genera emisiones y remociones de CO<sub>2</sub>, de acuerdo al incremento o la reducción neta de la biomasa forestal. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se producen por la extracción

de madera (tala de bosques) para aprovechamiento forestal. Mientras tanto, las remociones se producen en función del crecimiento de las plantaciones forestales y los proyectos de reforestación activa y pasiva, los cuales producen un aumento en la biomasa de los bosques, generando así remociones de carbono de la atmósfera. El valor neto de las emisiones de este subsector (emisiones – remociones) fue de 43,8Gg CO<sub>2</sub>. La tabla 7 detalla los resultados de este subsector.

Tabla 7. Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> Cambio Biomasa de Bosques, DMQ 2015

FUENTE	EMISIONES CO <sub>2</sub> [Gg]	REMOCIONES CO <sub>2</sub> [Gg]	VALOR NETO CO <sub>2</sub> (Gg/año)
PLANTACIONES FORESTALES Y REFORESTACIÓN	-	-14,6	-14,57
APROVECHAMIENTO FORESTAL	58,4	-	58,37
<b>TOTAL</b>	<b>58,4</b>	<b>-14,6</b>	<b>43,8</b>

Si bien este subsector presenta emisiones netas de CO<sub>2</sub> (43.8Gg), este valor es bajo al compararlo con el resto de subsectores del sector USCUS, esto indica que los proyectos de reforestación y los planes de manejo forestal sustentable están generando resultados positivos en relación al nivel de extracción de madera y la recuperación de los sistemas de aprovechamiento forestal en el DMQ.

5.2.1.2 Emisiones/Remociones GEI cambio bosques y praderas/ abandono tierras cultivadas, año base 2015

Los subsectores cambio de bosques y praderas y abandono de tierras cultivadas están relacionadas con la balance existente entre la superficie destinada a prácticas agropecuarias, bosques naturales y procesos de regeneración natural. En el caso del cambio de bosques y praderas se analiza las zonas boscosas que han sido deforestadas para dar paso a cultivos y/o pastos o a zonas con escasa vegetación. Mientras tanto, el abandono de tierras cultivadas da paso a la recuperación de la vegetación previamente existente en dichas superficies, mediante procesos de regeneración natural durante largos periodos (> 20 años).

Las pérdidas en bosques y praderas generan emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que los procesos de regeneración de vegetación en tierras agrícolas abandonadas producen remociones de carbono.

La tabla 8 permite comparar los valores para cada uno de estos subsectores.

Tabla 8. Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> cambio bosques / abandono tierras cultivadas

FUENTE	EMISIONES CO <sub>2</sub> [Gg]	REMOCIONES CO <sub>2</sub> [Gg]	VALOR NETO CO <sub>2</sub> [Gg/año]
CONVERSIÓN BOSQUES Y PRADERAS	1.046,6	-	1.046,60
ABANDONO TIERRAS CULTIVADAS	-	-195,8	-195,84
<b>TOTAL</b>	<b>1.046,6</b>	<b>-195,8</b>	<b>850,8</b>

Las emisiones por conversión de bosques y praderas son significativamente superiores a las remociones asociadas al abandono de tierras cultivadas y los procesos de regeneración natural (factor alrededor de 4:1).

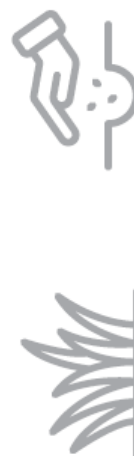
Esto significa que grandes superficies de bosques han desaparecido en las últimas décadas para dar paso a zonas agropecuarias o a zonas con escasa presencia de vegetación. Este fenómeno es de suma importancia



La tabla 9 y la figura 8 resumen los resultados de este subsector.

Tabla 9. Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> manejo y cambio del uso del suelo, DMQ 2015

FUENTE	CAMBIO CARBONO DE LOS SUELOS EN 20 AÑOS (TgC)	EMISIONES/ REMISIONES CO <sub>2</sub> (gg/año)
VEGETACIÓN NATURAL	-3,7	671,0
CULTIVOS	0,4	-74,3
PASTOS	0,7	-132,6
NO VEGETACIÓN (EDIFICACIONES, SUELOS DESNUDOS, AGUA)	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>2,5</b>	<b>464,1</b>



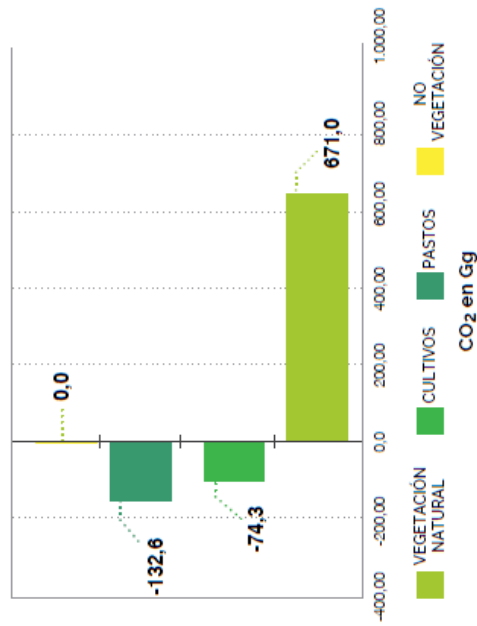
para la autoridad ambiental y sirve como punto base para el planteamiento de políticas específicas destinadas a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la pérdida de bosques naturales.

### 5.2.1.3 Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> manejo y cambio de uso del suelo

El último subsector de análisis es el correspondiente al manejo y cambio de uso de la tierra y sus repercusiones sobre el carbono de los suelos. En términos generales, se asume que los suelos cubiertos por vegetación natural contienen un cierto nivel de carbono, el cual disminuye al reemplazar la vegetación natural por otros usos del suelo (cultivos, pastos, infraestructura, suelos desnudos, etc.). El contenido de carbono del suelo también depende del tipo de manejo aplicado, de tal manera que prácticas que promueven la conservación del carbono en el suelo evitarán su disminución en el mediano y largo plazo. La variación en el carbono del suelo depende así de los cambios que se producen en el uso de suelo, así como de las prácticas asociadas a su manejo.

Para el cálculo de este subsector se analiza un periodo correspondiente a 20 años, con el objetivo de detectar cambios significativos ocurridos en el área de estudio.

Figura 8. Emisiones/Remociones CO<sub>2</sub> manejo y cambio del uso del suelo DMQ año base 2015



En el DMQ los cambios en el contenido de carbono de los suelos durante los últimos 20 años han conducido a una emisión neta de CO<sub>2</sub> de 464.1Gg, para el año base 2015. Durante los últimos 20 años se ha producido una pérdida de alrededor de 39,000ha naturales y seminaturales, mientras que durante el mismo periodo el área edificada se ha incrementado en alrededor de 25,000ha y las áreas cultivadas en alrededor de 15,000ha.

El proceso de pérdida de vegetación natural es paralelamente el causante de las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo, por lo que este fenómeno es relevante tanto desde un enfoque de conservación, como desde el enfoque de la mitigación del cambio climático.



## RESUMEN HUELLA DE CARBONO TOTAL DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, AÑO BASE 2015

### HUELLA DE CARBONO TOTAL DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, AÑO BASE 2015

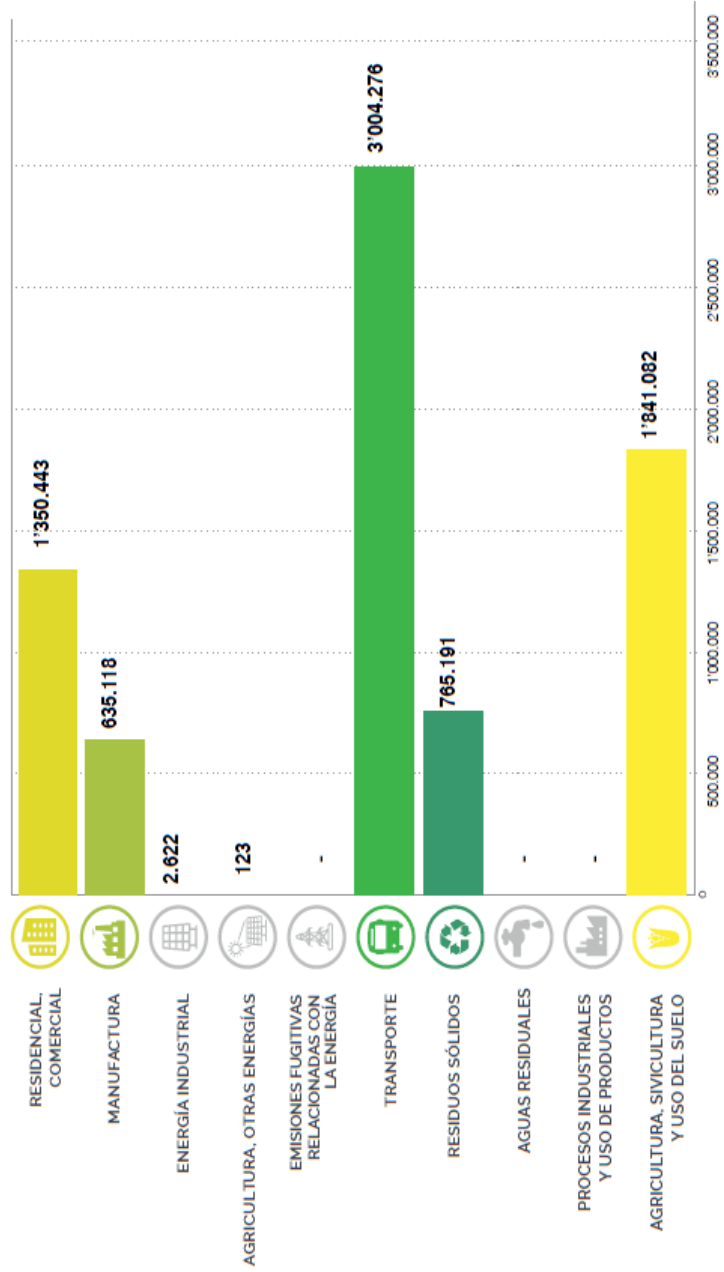
En base a la última evaluación de huella de carbono (HC), en el Distrito Metropolitano de Quito, durante el año 2015 se generaron: 7'598.855 toneladas de CO<sub>2</sub>e.

Estas emisiones están distribuidas de la siguiente manera: un (40%) generado por el sector transporte; seguido de un (26 %) inherente al consumo de energía de los sectores residencial, comercial, institucional e industrial, un (24 %) por el sector AFOLU (Agricultura, Uso del Suelo y Cambio de Uso del Suelo); y finalmente, un (10 %) relacionado con el sector residuos sólidos.



## HUELLA DE CARBONO DMQ, 2015

Base anual de emisión por sector 2015



## 8. CONCLUSIONES

- » Las actividades ligadas al sector urbano del DMQ, como el transporte, y la generación eléctrica, tienen un mayor peso en las emisiones totales, con relación a los sectores vinculados a la ruralidad (sector AFOLU).
- » La Huella de carbono del sector transporte en el 2015, asciende a 3 millones de ton de CO<sub>2</sub> e y representa el 40% de la Huella Total del DMQ, siendo el sector con mayor aporte de los cuatro considerados (transporte, energía estacionaria, AFOLU y residuos sólidos).
- » En segundo lugar de importancia está el consumo de electricidad de los sectores residencial, comercial, institucional e industrial, que con 1'988.306 ton CO<sub>2</sub>e, representa el 26 % del total de emisiones.
- » El sector AFOLU (Agricultura, uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura), genera el 24% ( 1'841.082 ton CO<sub>2</sub>e) de las emisiones totales de GEI, lo cual evidencia la alta relevancia de las emisiones asociadas al sector rural en el Distrito Metropolitano de Quito, así como el alto potencial de mitigación existente.
- » La Huella de carbono del sector residuos sólidos asciende a 765.191, representando el 10% de la Huella Total del DMQ, siendo el último sector de los cuatro considerados.
- » La información obtenida en el presente estudio, permitirá a la Secretaría de Ambiente contar con un sistema de información actualizado, para la generación de metas e indicadores de mitigación, el seguimiento de la evolución de los GEI en el DMQ y la evaluación de programas y proyectos vinculados a la reducción de emisiones.



## CON EL APOYO DE:



**CONDESAN**  
Comité para el Desarrollo Sostenible  
de la Ecorregión Andina



**ECOANDES**

BOSQUES ANDINOS ES UN PROGRAMA DE  
Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación SIDA/CI



SECRETARÍA DE  
**AMBIENTE**  
ALCALDÍA

[www.quitoambiente.gob.ec](http://www.quitoambiente.gob.ec)

3952300 ext 24130

Río Coca E6-85 e Isla Genovesa

@AmbienteQuito

/Secretaria de Ambiente Quito

Movilidad sostenible