

GUÍA No.2 DE LA PNMUS

2023

CRITERIOS PARA LA TRANSVERSALIZACIÓN
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PNMUS

Ministerio de Transporte
y Obras Públicas


**Gobierno
del Ecuador**

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Guillermo Lasso Mendoza

MINISTRO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS

César Rohon

EQUIPO DE TRABAJO MTOP:

Subsecretaria de Transporte Terrestre y Ferroviario

Mayra del Cisne Herrera

Directora Ejecutiva ANT

Pamela Mendieta

Director de Transporte Ferroviario

Mario Muñoz

Analista de Normativa y Control

Santiago García

Analista de Transporte Ferroviario

Javier Díaz

Asistente de Pesos y Dimensiones

Ramses Morante

AGENCIA FRANCESA DE DESARROLLO:

Directora de la Agencia

Priscille De Coninck

Jefa de Proyecto

Natalia Cárdenas

Encargado de proyectos Desarrollo Urbano, Transporte y

Género de AFD

Camilo Breurec

DESPACIO:

**Directora Ejecutiva de Despacio y Coordinadora técnica
componente Movilidad Urbana EUROCLIMA+ para la AFD**

Patricia Calderón Peña

**Coordinadora Área Género y Ciudad en Despacio y
Apoyo Júnior coordinación EUROCLIMA+ para la AFD**

Michel Zuluaga

**Coordinadora de Desarrollo Urbano en Despacio y
Apoyo Júnior coordinación EUROCLIMA+ para la AFD**

Maryfely Rincón

ASOCIACIÓN TRN TÁRYET Y A&V CONSULTORES:

Director de Proyecto

César Arias Villavicencio

Director de TRN Táryet

Miguel Ángel Reguero

Director de A&V Consultores

Sebastián Arias

Coordinador de Proyecto

Jorge Crespo Bravo

Especialista en Planificación Estratégica y Territorial

Alberto Rosero Cueva

Especialista en Transporte

Nuria Grañeda

**Especialista en Temas Normativos de Política Pública
Ecuatoriana**

Patricia Herrmann

Especialista en MRV

Coral López

Especialista en Mecanismos de Financiación de Transporte

Ruben Cañas

Especialista en Género y Transporte

Daniela Chacón Arias

**Especialista en Desarrollo de Capacidades y Procesos
Participativos**

Vanesa Cheel

El MTOP extiende su agradecimiento a todas las personas e instituciones que aportaron en la elaboración de este documento y en particular al Equipo de Trabajo (MAATE y ANT) y al Comité de Seguimiento (AME, ANT, ARCERNNR, CNC, GAD CUENCA, GAD QUITO, IIGE, MAATE, MEF, MEM, MIDUVI, MPCEIP, SNP).

Un agradecimiento especial a los técnicos: Karina Barrera, Fabián Moncayo, Paúl Melo y Pablo Caza, del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica por su invaluable aporte en la generación del contenido de esta Guía.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas



GUÍA No.2 DE LA PNMUS

**CRITERIOS PARA LA TRANSVERSALIZACIÓN
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PNMUS**

2023

FINANCIADO POR:



Financiado por la Unión Europea

IMPLEMENTADO POR:



DONADORES:



CON EL APOYO DE:



Ministerio de Transporte y Obras Públicas

BENEFICIARIO:



SOCIOS IMPLEMENTADORES:



ELABORADO POR:



SOCIOS DE CONOCIMIENTO Y RED:



EN COLABORACIÓN CON:



PRESENTACIÓN

El Plan Nacional de Desarrollo Creando Oportunidades 2021-2025, en su eje de seguridad, insta a fortalecer la seguridad vial. Al mismo tiempo, en su eje de transición ecológica, plantea realizar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. Es así que, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), asume el compromiso de disminuir los siniestros de tránsito en las vías del Ecuador y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el fomento de modos de transporte seguros, eficientes y sostenibles.

Por su parte, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como parte de la Agenda 2030, ponen en manifiesto la necesidad de “proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos (...)”. Además, el Acuerdo de París y la Nueva Agenda Urbana, proponen la lucha contra el cambio climático y la construcción de ciudades compactas, densas y seguras para las personas. Dichos acuerdos, conjuntamente con la Constitución de la República, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y el Plan Nacional de Desarrollo representan el punto de partida de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible.

Por lo antes mencionado, para garantizar los derechos de la ciudadanía de vivir en un hábitat seguro y saludable, tener una vida digna y disfrutar la ciudad de manera plena; el MTO, en cumplimiento de las leyes nacionales y los acuerdos internacionales, ha llevado a cabo un proceso participativo para la formulación de la PNMUS que incluyó al sector público, privado, la academia y la sociedad civil. Esto, con el objeto de proporcionar a los Gobiernos Autónomos Descentralizados herramientas técnicas, legales y de financiamiento que les permita impulsar el desarrollo y la movilidad urbana sostenible en sus territorios para beneficio de la ciudadanía.

Finalmente, esta cartera de Estado hace un llamado a todos los gobiernos locales a trabajar juntos en la implementación de esta política pública, para contribuir con el desarrollo del país y equilibrar los ámbitos social, económico y ambiental de la movilidad. Estoy seguro que las nuevas autoridades seccionales asumirán el compromiso de fomentar la movilidad sostenible en sus territorios con la importancia y urgencia que amerita. De esta manera trabajaremos juntos en proteger la vida de los ciudadanos y preservar el planeta para las siguientes generaciones, en el marco del principio de igualdad y no discriminación.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas

MENSAJE DE LA AFD

Ecuador es un país que ha dado importantes pasos hacia una movilidad más sostenible con la inversión en sistemas masivos de transporte en las 3 principales ciudades del país: el metro y los corredores exclusivos de buses en Quito, la Metrovía y Aerovía en Guayaquil, y el tranvía en Cuenca. Esta situación avanzada en comparación con países de población similar en el continente, merece ser mejor valorada, y tener mayores impactos en el mejoramiento de las situaciones de movilidad de las personas en las ciudades ecuatorianas. La mejor articulación de estos sistemas masivos con el transporte convencional – integración de tarifas, coordinación de rutas, horarios y paradas – aportaría por ejemplo una ventaja inmediata al transporte público frente a otros modos individuales. Las ciudades intermedias del país, también pueden inventar soluciones para mejorar su movilidad antes que los problemas de congestión y contaminación se vuelvan incontrolables. El desarrollo de la movilidad no motorizada – ciclovías, adecuación de andenes para peatones – y el ordenamiento de sus sistemas de buses, pueden tener un gran impacto en la calidad de vida de sus habitantes. El nivel de descentralización del Ecuador permite que las ciudades puedan tomar iniciativas para su movilidad urbana. Las grandes ciudades que ya tienen experiencias exitosas pueden compartirlas con sus hermanas menores, si es que se facilitan espacios de intercambio.

Por este potencial antes expuesto, en un país cada vez más urbano, la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) acompaña a Ecuador con el programa Euroclima+ desde el 2018. Este programa de la Unión Europea busca acompañar a los países de Latinoamérica en la imple-

mentación del Acuerdo de París, de las contribuciones nacionalmente determinadas (CND) y otros compromisos climáticos nacionales al 2025. La AFD financia por esta vía la formulación de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible del Ecuador liderada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

A través de esta Política Nacional que buscó crear espacios de intercambios entre los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), el gobierno nacional, los gremios y empresas de transporte, la sociedad civil y la academia; esperamos se puedan haber creado vías de diálogo para seguir promoviendo una movilidad más sostenible en Ecuador. Los niveles de emisión de los vehículos, la tasa de motorización en crecimiento, los niveles de congestión y contaminación en las principales ciudades, hacen urgente una acción pública para ordenar mejor el tránsito, proponer soluciones de transporte colectivo, promover tecnologías más limpias, ofrecer a los GAD guías, herramientas y financiamiento para planificar las ciudades y su movilidad. La Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible busca responder a estos retos, trazar una estrategia y proponer acciones concretas de corto, mediano y largo plazo para dar primeros pasos concretos.

Esperamos a través de la aprobación de esta política, de las guías de aplicación que la acompañan, de los mecanismos de financiamiento propuestos y de los espacios de discusión creados durante los 3 años de su formulación, que su implementación esté asegurada para transformar el transporte en las ciudades del Ecuador hacia una movilidad urbana sostenible, equitativa y atractiva.

Priscille De Coninck
Directora AFD Quito



ÍNDICE

1. Índice	6	5. Adaptación al cambio climático	39
2. Introducción.....	8	5.1. Principales amenazas e impactos del cambio climático en la movilidad sostenible.....	42
2.1. Contexto programático y político de esta guía en la PNMUS	9	5.2. Enfoques metodológicos para evaluar el riesgo climático en la movilidad urbana.....	44
2.2. ¿Cuál es el propósito de esta guía?.....	10	5.2.1. Modelo conceptual del riesgo climático.....	44
2.3. Los efectos del cambio climático en las ciudades .	12	5.2.2. Niveles metodológicos para evaluar riesgo climático	45
3. Mitigación del cambio climático	20	5.3. La adaptación al cambio climático en la PNMUS...	46
3.1. Acciones que contribuyen a la mitigación del cambio climático.....	21	5.4. Ejemplos de medidas al cambio climático	49
3.2. Cálculo de emisiones de GEI.....	23	5.4.1. Amenaza: altas temperaturas	49
3.2.1. ¿Qué pasos debemos seguir?.....	23	5.4.2. Amenaza: aumento de lluvias torrenciales en intensidad y frecuencia	51
3.2.2. Detalle del proceso que debemos seguir...	24	6. Referencias	58
4. Medición y control de la calidad del aire.....	32	7. Anexo. Medidas de adaptación al cambio climático para abordar impactos en el sector de asentamientos humanos (PNA).....	61
4.1. ¿Qué pasos debemos seguir?.....	34		
4.2. Detalle del proceso que debemos seguir	36		



INTRODUCCIÓN

2.1. CONTEXTO PROGRAMÁTICO Y POLÍTICO DE ESTA GUÍA EN LA PNMUS

Esta Guía Técnica N°2. Criterios para la transversalización del cambio climático en la PNMUS. Criterios y referentes para inspirar la acción climática forma parte del conjunto de herramientas elaboradas en el marco de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible de Ecuador – PNMUS, cuya finalidad es favorecer el desarrollo de estrategias y acciones a implementar en las diferentes áreas urbanas del país para lograr una movilidad sostenible y, en consecuencia, la reducción de emisiones y consumos energéticos ocasionados por la movilidad de personas y mercancías. En concreto, se complementa especialmente con los siguientes documentos y guías:

- ☑ Plan de acción de la PNMUS, que contiene un conjunto de medidas estratégicas que permitirán a las administraciones locales seleccionar las más adecuadas para su ciudad con el fin de avanzar hacia una movilidad sostenible.
- ☑ Guía Técnica N°1. Mecanismos para el fomento de la seguridad vial, que se plantea como la Hoja de Ruta a seguir por los planificadores y los tomadores de decisiones para la mejora de la seguridad vial en las ciudades del Ecuador.

- ☑ Guía Técnica N°3. Movilidad activa y micromovilidad, como herramienta de ayuda para los técnicos municipales en la promoción de la movilidad activa y la micromovilidad para lograr una movilidad más sostenible, limpia, segura y saludable en sus ciudades.
- ☑ Guía Transversal N° 1. Ciudades Grandes, con una propuesta de 18 actuaciones para ayudar a superar 9 desafíos que se han identificado en la fase de diagnóstico en las ciudades de más de un millón de habitantes de Ecuador: Quito y Guayaquil.
- ☑ Guía Transversal N° 2. Ciudades Intermedias, con una propuesta de 16 actuaciones para ayudar a superar 11 desafíos que se han identificado en la fase de diagnóstico en las ciudades con población entre 250.000 y 1.000.000 habitantes: Ambato, Cuenca, Duran, Loja, Machala, Manta, Portoviejo, Riobamba y Santo Domingo de los Tsáchilas.
- ☑ Guía Transversal N° 3. Ciudades Pequeñas, con una propuesta de 11 actuaciones para ayudar a superar 7 desafíos que se han identificado en la fase de diagnóstico en las 207 ciudades de Ecuador con población menor a 250.000 habitantes.

Como se puede apreciar, el programa incluye herramientas específicas con los procedimientos y criterios que permitirán generar el cambio que se persigue en la movilidad urbana en Ecuador.

2.2. ¿CUÁL ES EL PROPÓSITO DE ESTA GUÍA?

Según el contexto presentado en el apartado anterior y con el fin de aportar a los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en adelante GAD, un compendio más completo de herramientas para inspirar, planificar y evaluar la acción climática, se diseña esta guía, que brindará criterios claves y estratégicos relacionados con los instrumentos

de política pública de cambio climático de Ecuador. Es, por tanto, una herramienta para los técnicos municipales que lo requieran que les ayudará a **establecer la línea de base y estimar la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero (GEI)** como respuesta a la implementación de medidas encaminadas a favorecer la movilidad sostenible en sus ciudades. Además, se presentan lineamientos y referencias para **incorporar criterios de resiliencia y adaptación al cambio climático en el desarrollo urbano.**



Ilustración 1. Organización de la guía. Fuente: Elaboración propia

Su objetivo es que sea fácilmente comprensible y aplicable a distintos ámbitos, sin necesidad de realizar tomas de datos muy exhaustivas ni cálculos engorrosos, que pueden generar rechazo. Por tanto, su enfoque es eminentemente práctico para obtener el fin que se persigue:

☑ Por una parte, que las administraciones locales dispongan de las emisiones de GEI producidas por el transporte motorizado en su territorio en distintos escenarios y que además puedan elaborar el Índice de Calidad del Aire para proponer acciones de re-

ducción de emisiones de gases de GEI;

☑ Y por otra, que dispongan de la metodología que aplicar para identificar los riesgos del cambio climático que puede afectar a cada ciudad según sus propias características y de una batería de referencias para favorecer que el desarrollo de las ciudades de Ecuador se realice con criterios de resiliencia frente a los efectos del cambio climático, aprovechando las actuaciones que se implementarán en el marco de la PNMUS.



2.3. LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES

América Latina aporta el 8,4 % de las emisiones mundiales de CO₂, pero paga un alto precio por los fenómenos meteorológicos extremos: entre 1998 y 2020, los fenómenos climáticos y geofísicos causaron 312.000 muertes y afectaron directamente a más de 277 millones de personas en América Latina y el Caribe, según el informe de la Organización Meteorológica Mundial (2021).

Por otra parte, según lo publicado en Banco Mundial Blogs, se estima que en América Latina y el Caribe (ALC), el 35 % de las emisiones de GEI relacionadas con la quema de combustibles provienen del sector del transporte, muy superior al promedio mundial con el 22 % (Drees, Peltier, y Espinet, 2021). Además, las emisiones del transporte en la región están a punto de seguir aumentando más rápido que las de otros sectores debido al impacto de la motorización implacable, y en efecto, la flota de vehículos privados de América Latina está creciendo más rápido que cualquier otra región y se prevé que alcance tres veces su tamaño actual para 2050. Al mismo tiempo, el sector del transporte en ALC también es particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático, y cuando un desastre golpea la región, el transporte suele ser el factor que más contribu-

ye a las pérdidas comerciales: en promedio, el 56 % de las pérdidas sufridas por las empresas latinoamericanas después de un desastre se deben a interrupciones del transporte, la proporción más alta en cualquier región (el promedio mundial es estimado en el 40%).

Ecuador, que según datos del Banco Mundial, al año 2018, contribuye globalmente con apenas el 0,16% de los GEI, es altamente vulnerable a los impactos climáticos, y así, en caso de mantenerse la tendencia actual de la temperatura, el cambio que podría experimentarse en el país sería de aproximadamente un aumento de 2°C hasta fin de siglo y en la región amazónica podrían presentarse incrementos superiores (MAE, 2017a). Algunas de las evidencias más importantes sobre los impactos del cambio climático en Ecuador están relacionadas con el cambio en los patrones de precipitación, aumento del nivel del mar, sequías prolongadas y retroceso de glaciares (MAE, 2017b).

Asimismo, según la 4ª Comunicación Nacional y 2º Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, al año 2018, el total nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Ecuador ascendió a 75.326,87 Gg CO₂-eq. El sector Energía es el que más aporta, con el 51% del total de las emisiones. Los principales aportes provienen de la categoría "transporte", con el 52%.

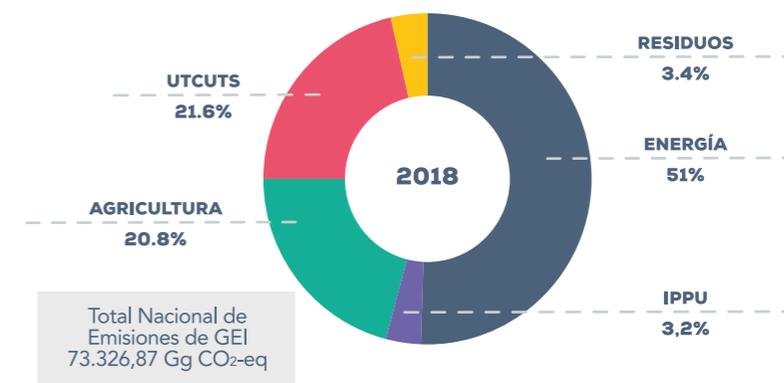


Ilustración 2. Contribución de emisiones de GEI por sectores al INGEI 2018 en %, Fuente: Proyecto 4CN-2IBA, MAATE (2022)

Respecto al consumo de energía a nivel sectorial, en el año 2020, se identifica al sector de transporte como el mayor consumidor de energía con un 45,4% del total

de la energía producida en el país, siendo el transporte terrestre el principal modo de transporte en términos de consumo (94%) (MEM, 2021).

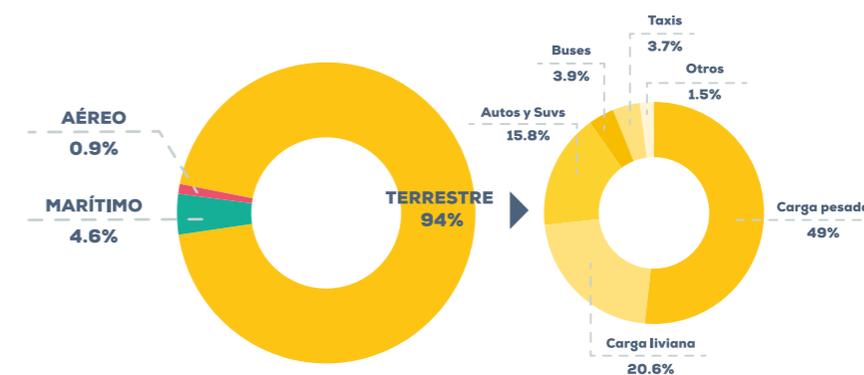


Ilustración 3. Consumo de energía por tipo de transporte (en %), Fuente: Balance Energético Nacional, MEM, 2021

El subsidio a los combustibles conduce a la ineficiencia en el consumo y al crecimiento acelerado de la flota de vehículos de uso individual, generando problemas de movilidad en las principales ciudades. Las dos ciudades más grandes de Ecuador, Quito y Guayaquil, se encuentran entre las 100 ciudades más congestionadas del mundo, concretamente en los puestos 40 y 70 según el Global Traffic Scorecard (INRIX, 2022).

El Ecuador en el marco de su primer Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático ha actualizado sus proyecciones climáticas futuras tomando como referencia el periodo observado de 1985-2015 para obtener escenarios futuros correspondientes al periodo 2020-2050. Los resultados de las mencionadas proyecciones climáticas han generado 5 años típicos futuros los cuales representan las posibles condiciones de temperatura y precipitación que el país podría enfrentar al 2050 (Ilustración N° 4).

Para la obtención de las mencionadas proyecciones climáticas como un paso previo para la construcción de los años típicos futuros, se identificaron los distintos patrones de circulación o Weather Types (WT) existente en el Ecuador, los cuales caracterizan el comportamiento de la precipitación y las temperaturas en el país a lo largo del año. Éstos presentan las siguientes características:

☑ WT 1: es uno de los más frecuentes en el Ecuador, ya que se da en el 26% de los días en el año (95 días), y se caracteriza por tener precipitaciones levemente altas y temperaturas levemente bajas.

☑ WT 2: también es de los más frecuentes, se da en el 23,2% de los días al año (85 días) y muestra precipitaciones levemente bajas y temperaturas levemente altas.

☑ WT 3: o tercer patrón, se da en el 22,5% de los días en el año (82 días), y se caracteriza por tener temperaturas moderadamente bajas, lluvias moderadamente altas en la amazonia y levemente bajas en la costa ecuatoriana y en las Galápagos.

☑ WT 4: su ocurrencia es del 14,3% de los días al año (52 días), las temperaturas son moderadamente altas, las lluvias son levemente altas en la costa y en las Galápagos y moderadamente bajas en la amazonia y en la sierra.

☑ WT 5 y WT 6: suelen darse cuando se presentan eventos extremos, los cuales han ocurrido históricamente en el 8,5% (31 días) y 6,5% (20 días) de los días en el año respectivamente. Y se caracterizan por tener, en el caso del patrón WT 5, temperaturas muy bajas en todo el territorio nacional, menos lluvias en la costa y en las Galápagos, y mayores en la sierra y en la amazonia; mientras que el patrón WT 6 presenta un comportamiento contrario, con temperaturas muy altas en todo el territorio nacional, menos lluvias en la amazonia, y aumentos considerables de las precipitaciones en la costa y en las Galápagos.



Anomalías de temperaturas diarias del Ecuador, bajo el escenario SSP5-8.5 en el periodo 2020-2050, en comparación al clima histórico del periodo 1985-2015

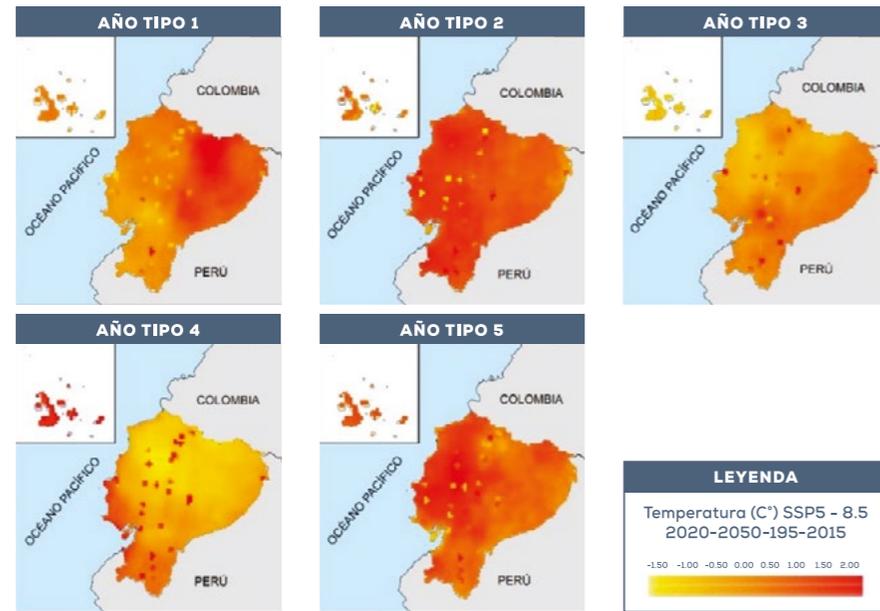


Ilustración 4. Posibles anomalías de temperaturas en Ecuador (2020-2050)
Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador 2023-2027, MAATE, 2023

A continuación, se describen las dinámicas climáticas de cada año típico futuro y qué posibles amenazas e impactos podrían enfrentar las ciudades:

- ☑ Año típico 1: El año típico 1 es similar a los años 1987, 1997, 2004, 2006, 2009, 2012 y 2015, lo que supone un 22.58% de los años del periodo pasado. Corresponde a patrones climáticos con menor intensidad y mayor frecuencia y tiene una persistencia en los parámetros climáticos WT2 y WT4. El patrón climático WT2 ha ocurrido con una mayor frecuencia en el 2004 y se caracteriza por flujos zonales de viento y humedad provenientes de la Amazonia,

que tienden a ser conducentes a lluvias ligeramente bajo lo normal y temperaturas ligeramente sobre la normal del Ecuador continental, aunque las Islas Galápagos evidencian lluvias ligeramente sobre la normal. El patrón climático WT4 es semejante al WT2, pero con divergencias de vientos y humedad más intensos y se han presentado con mayor frecuencia en el 2015.

- ☑ Año típico 2: El año típico 2 es similar a los años 1990, 1991, 1993, 1995 y 2003, lo que supone un 16.12% de los años del periodo pasado. Es el menos frecuente y presenta una persistencia al primer patrón de circula-

Anomalías de precipitaciones diarias del Ecuador, bajo el escenario SSP5-8.5 en el periodo 2020-2050, en comparación al clima histórico del periodo 1985-2015

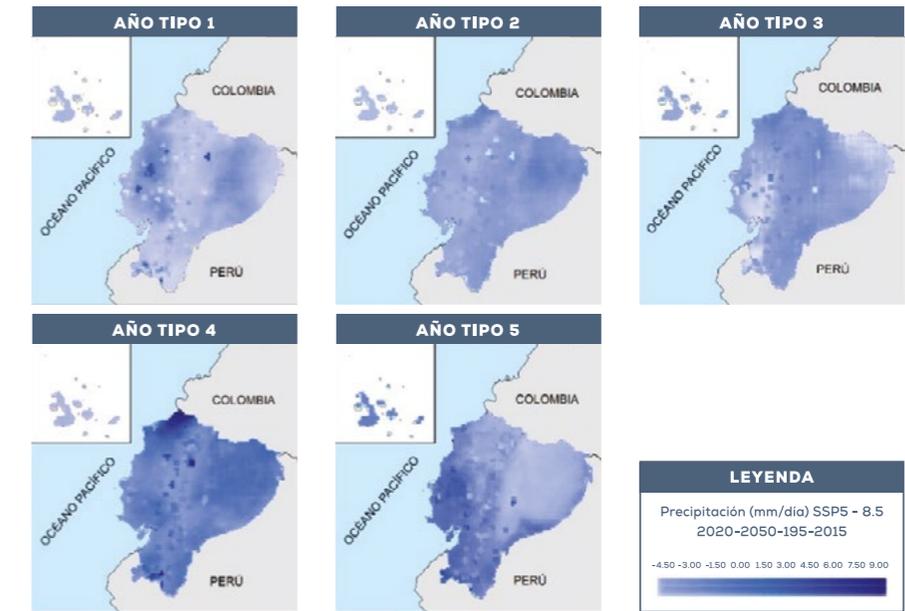


Ilustración 5. Posibles anomalías de precipitaciones en Ecuador (2020-2050)
Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador 2023-2027, MAATE, 2023

ción (WT1), el cual se asocia a condiciones de precipitación y temperatura ligeramente húmedas y frías, caracterizada por una convergencia zonal de vientos y flujos de humedad provenientes del Pacífico Ecuatorial y de la Amazonía, este parámetro de circulación ha ocurrido más frecuentemente en 1993.

- ☑ Año típico 3: El año típico 3 es similar a los años 1998, 2005, 2010, 2011, 2013 y 2014, es el segundo con mayor frecuencia y tiene una persistencia en el patrón climático WT6, el cual es más frecuente durante los años de El Niño y se caracteriza por ser el más extremo de todos, con precipitaciones

extremas en Galápagos y a lo largo de la costa ecuatoriana y el Oriente con una menor cantidad de lluvia de lo normal y con temperaturas muy cálidas para todo el Ecuador continental e insular y ligeramente menos cálidas en el Oriente.

- ☑ Año típico 4: El año típico 4 es similar a los años 1985, 1986, 1992, 1996, 2000, 2008. Lo que supone un 22.58% de los años. Tiene una persistencia en el patrón climático WT3, se caracteriza por temperaturas bajas de lo normal y lluvias sobre lo normal, excepto en la costa. Con anomalías más notorias y flujos zonales meridionales.

☑ Año típico 5: El año típico 5 es similar a los años 1988, 1989, 1994, 1999, 2001, 2002 y 2007. Lo que supone un 22.58% de los años. También es el más frecuente y presenta una persistencia en el patrón climático WT3, el cual se caracteriza por una circulación atmosférica con divergencia de vientos más meridionales, con anomalías de lluvia y las temperaturas tienden a ser más bajas de lo normal sobre la mayor parte del territorio ecuatoriano (incluyendo Galápagos), las lluvias tienden a ser predominantemente sobre la normal, excepto en regiones

de la costa, en la que las anomalías de lluvia son ligeramente negativas; este parámetro de circulación ha sido más frecuente en 1999.

El cambio climático, al igual que el resto de las amenazas de origen antrópico, no tiene el mismo impacto sobre todas las comunidades y por ello, las soluciones deberán ser adaptadas a cada entorno. En definitiva, existen actualmente desafíos significativos para hacer cambios estructurales al estado actual de transporte en el Ecuador.

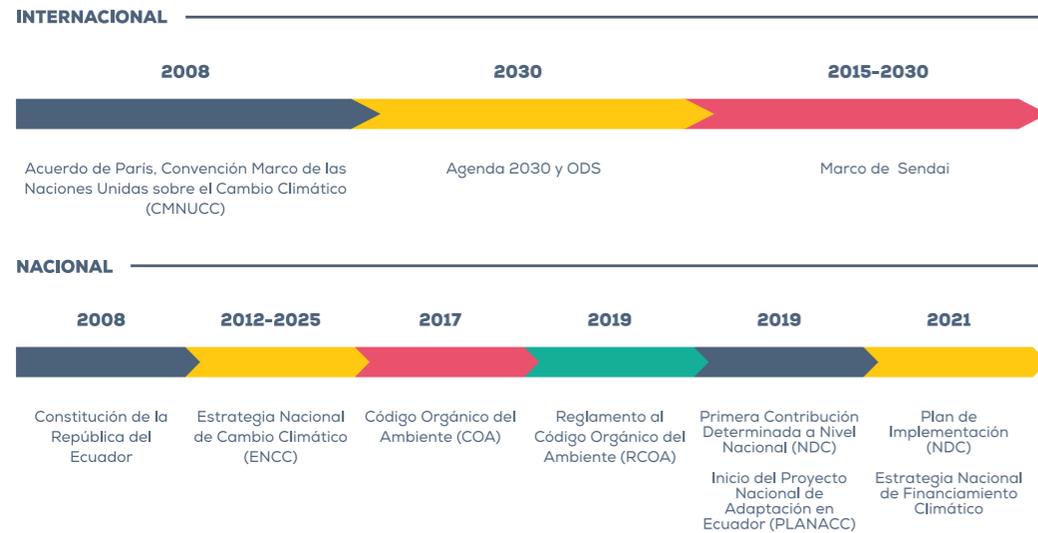


Ilustración 6. Evolución temporal del marco normativo para la gestión del cambio climático en Ecuador, incluyendo instrumentos internacionales y nacionales. Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador (2023-2027), MAATE adaptado de MAE, 2020.





MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

3.1. ACCIONES QUE CONTRIBUYEN A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Las acciones que se indican tienen como objetivo lograr que la movilidad urbana de personas y bienes opere de modo sostenible y aporte a la mejora de la calidad de vida.

Fomento de la movilidad urbana sostenible	» Campañas de sensibilización, talleres y foros.
Promoción de la movilidad activa segura	» Fomento de la creación de itinerarios peatonales y ciclistas de calidad y seguros. » Fomento de la intermodalidad con el transporte público.
Fomento del uso racional del vehículo privado	» Apoyo a la creación de Zonas de Bajas Emisiones y restricciones de uso a los vehículos más contaminantes. » Apoyo al desarrollo de sistemas de vehículo compartido. » Apoyo a la renovación de flota con vehículos menos contaminantes.
Reestructuración de los sistemas de transporte del vehículo privado	» Apoyo a la optimización de los sistemas de transporte público. » Apoyo a la creación de servicios de transporte en zonas de baja demanda. » Apoyo para la transformación del transporte informal.
Racionalización del uso del espacio público	» Creación de aceras. » Creación de carriles Bus-VAO. » Mejora de los sistemas de gestión. » Gestión del estacionamiento.
Mejora y modernización del transporte público urbano	» Apoyo e incentivos para la profesionalización de las empresas de transporte público. » Impulso a la obtención de datos de movilidad de calidad y mejora de la información al usuario.

Mejora de la seguridad vial	<ul style="list-style-type: none"> » Revisión de estándares. » Seguridad vial como asignatura en los colegios. » Campañas de sensibilización.
Transporte público accesible	<ul style="list-style-type: none"> » Apoyo a la mejora de la infraestructura viaria para permitir la circulación de vehículos accesibles. » Apoyo a la mejora de paradas y estaciones para hacerlas 100% accesibles y seguras. » Apoyo a la renovación de flotas con vehículos 100% accesibles. » Títulos de transporte accesibles para colectivos sensibles de bajos recursos.
Logística urbana accesible	<ul style="list-style-type: none"> » Incentivos para el uso de vehículos menos contaminantes. » Apoyo a la profesionalización del sector. » Campañas y foros.

Tabla 1. Acciones que contribuyen a la mitigación del cambio climático. Fuente: Elaboración propia

Como se ha comentado, la implementación de estas acciones repercutirá en un menor uso de los automóviles en favor de modos menos contaminantes, como son la caminata y la patineta, la bicicleta o el transporte público, y con ello, además de otros efectos beneficiosos para la ciudadanía, se contribuirá a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes primarios al ambiente.

Por otra parte y como también se ha indicado al inicio de la guía, es preciso mencionar que esta Guía se com-

plementa, en primer lugar, con las 3 guías transversales, que incluyen propuestas de acciones adaptadas a los desafíos de cada tipo de ciudad para lograr una movilidad urbana sostenible y con ello, la reducción de emisiones de GEI producidas por la movilidad y en segundo, con el Plan de acción (Entregable 3.1 de la PNMUS), que presenta mediante fichas descriptivas el proceso para el desarrollo de estas medidas por las distintas Administraciones. En definitiva, el enfoque del bloque I de esta guía lo determina su carácter complementario y práctico.

3.2. CÁLCULO DE EMISIONES DE GEI

Para la elaboración de esta metodología se ha tomado como referencia la calculadora de emisiones de MobiliseYourCity (MYC)¹, cuyo objetivo es ayudar a los países y ciudades en desarrollo a calcular las emisiones de GEI del transporte para tres periodos temporales: un año de referencia, un escenario tendencial que es el que recoge la evolución esperada sin la implementación de medidas que promuevan la movilidad sostenible y un escenario con reducción de emisiones por acciones de mitigación.

Se ha seleccionado esta calculadora porque cuenta con la experiencia de haberse aplicado en ciudades de Uruguay, Chile y en Ecuador, en Cuenca y Ambato, por ejemplo, entre otras de la región, y dispone de dos instrumentos que se complementan entre sí, diseña-

dos para facilitar el uso de la calculadora:

- ☑ El manual "User Manual for the MobiliseYourCity Emissions Calculator".
- ☑ El fichero de Excel "MYC_Tool_final.1.3.2_empty_WEB", que dirige al usuario paso a paso para el cálculo de las emisiones de GEI, considerando diferentes niveles de datos disponibles.

3.2.1. ¿QUÉ PASOS DEBEMOS SEGUIR?

Se detalla a continuación el resumen metodológico del proceso a seguir para obtener las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) correspondientes a la línea base o año de referencia, al escenario tendencial y al escenario resultante de la aplicación de acciones de mitigación.

Etapas 0 y 1	<ul style="list-style-type: none"> » Delimitación de la zona de medida de las emisiones » Selección de los modos de transporte de pasajeros y de mercancías » Selección de emisiones que se van a medir » Determinación del intervalo de medición
Etapas 2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> » Recogida de información disponible » Determinación de carencias de información » Planificación y realización de la campaña de campo necesaria (encuestas, aforos, etc.) » Obtención de los kilómetros anuales realizados por vehículos livianos y pesados

¹ MobiliseYourCity es una alianza global de apoyo a los gobiernos y autoridades locales para desarrollar e implementar sus Planes de Movilidad Urbana Sostenible (SUMP) y sus Políticas y Programas de Inversión Nacionales (NUMP).

Etapa 2. Cálculo del factor de emisión por actividad de transporte	<ul style="list-style-type: none"> » Obtención del consumo de energía: Específico para cada tipo de vehículo » Factor de conversión de GEI: De la base de datos del IPCC, por coherencia con la elaboración de los inventarios nacionales de GEI
Etapa 3. Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año de referencia	<ul style="list-style-type: none"> » Aplicación de la fórmula de cálculo » Evaluación de resultados
Etapa 4. Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los escenarios futuros	<ul style="list-style-type: none"> » Proyecciones de las variables » Aplicación de la fórmula de cálculo » Evaluación de resultados

Tabla 2. Resumen metodológico para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: Elaboración propia

3.2.2. DETALLE DEL PROCESO QUE DEBEMOS SEGUIR

☑ A. Delimitación de la zona de medida de las emisiones

- El inventario de emisiones de GEI del transporte urbano es la suma de todas las actividades relacionadas con el transporte que pueden atribuirse a la ciudad. Aunque puede obtenerse a partir de distintas fuentes de información, se recomienda utilizar un enfoque territorial, ya que el territorio de la ciudad refleja la esfera de influencia política y administrativa y facilita la evaluación del PMUS de cada ciudad. Además, incluye las emisiones producidas por la movilidad de los habitantes y visitantes por igual, y se dirige a todos los actores

locales que influyen en el transporte dentro de la ciudad (habitantes, empleadores, servicios públicos, industria, comercio, etc.) (IFEU, 2014).

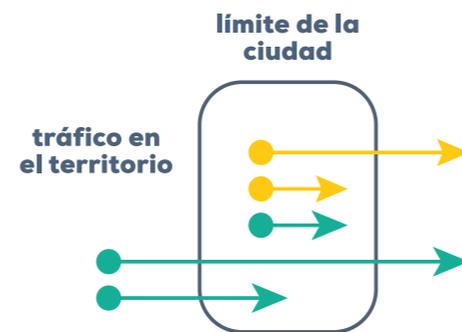


Ilustración 7. Enfoque territorial para el inventario de emisiones de GEI Fuente: IFEU Heidelberg, 2014

Este enfoque incluye, por tanto, los viajes realizados por habitantes y visitantes, que entran, atraviesan o salen de la ciudad y los viajes internos.

☑ B. Modos de transporte

- En principio, **se incluyen todos los modos de transporte tanto de pasajeros como de mercancías**, aunque si no se dispone de la información de todos los modos, pueden medirse solo los afectados por las políticas de movilidad que se están implementando. Sin embargo, los resultados que se obtengan no tendrán el alcance suficiente para aportar toda la información que requiere el inventario a nivel nacional, pero sí en años sucesivos podrán aportar la reducción de emisiones por efecto de las actuaciones. En todo caso, es interesante identificar las emisiones que provienen de modos que se encuentran bajo la influencia de la administración local, con el fin de realizar un mejor análisis y evaluación de los resultados de las políticas de movilidad.

☑ C. Emisiones

- El objetivo es la obtención de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, medidas en CO₂-eq, que se dividen en emisiones directas e indirectas.

Las emisiones directas son las emisiones producidas por los vehículos de combustión mientras están en funcionamiento.

Las emisiones indirectas son las emisiones producidas mayoritariamente por la generación de la electricidad de los vehículos eléctricos o híbridos.

- No se tienen en cuenta las emisiones producidas por la fabricación de los vehículos, al ser una fracción muy pequeña del total de emisiones ni tampoco durante la fase de producción, transformación y transporte de la energía. Se ha seleccionado el análisis "tanque a la rueda" (Tank to Wheels, TtW por sus siglas en inglés), porque el objetivo es evaluar la efectividad de las medidas de movilidad sostenible que implementen los gobiernos locales, que van dirigidas a la reducción de los viajes en vehículo privado mediante el trasvase a modos sostenibles, como la movilidad activa y la micromovilidad y el transporte público.

Cada uno de los contaminantes tiene un potencial de calentamiento global y su equivalencia en Kg CO₂-eq para un horizonte temporal de 100 años correspondiente al dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), según establece el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), es la siguiente:

Gas de Efecto Invernadero	Relación en kg CO ₂ -eq
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

Tabla 3. Potenciales de calentamiento global en CO₂-eq de los GEI Fuente: IPCC, 2007



☑ D. Intervalo de medición

- Se recomienda realizar el inventario de emisiones en intervalos de un año y establecer un proceso periódico y permanente, con objeto de medir las emisiones durante la vigencia de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (PNMUS) y también en un periodo posterior para poder cuantificar y evaluar sus impactos a largo plazo.

☑ E. Cálculo y agregación de las emisiones

- A continuación, se establece el procedimiento de cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero, basado en el método de abajo hacia arriba (ASIF)², que consiste en obtener las emisiones relacionadas con el transporte a partir de varios parámetros:

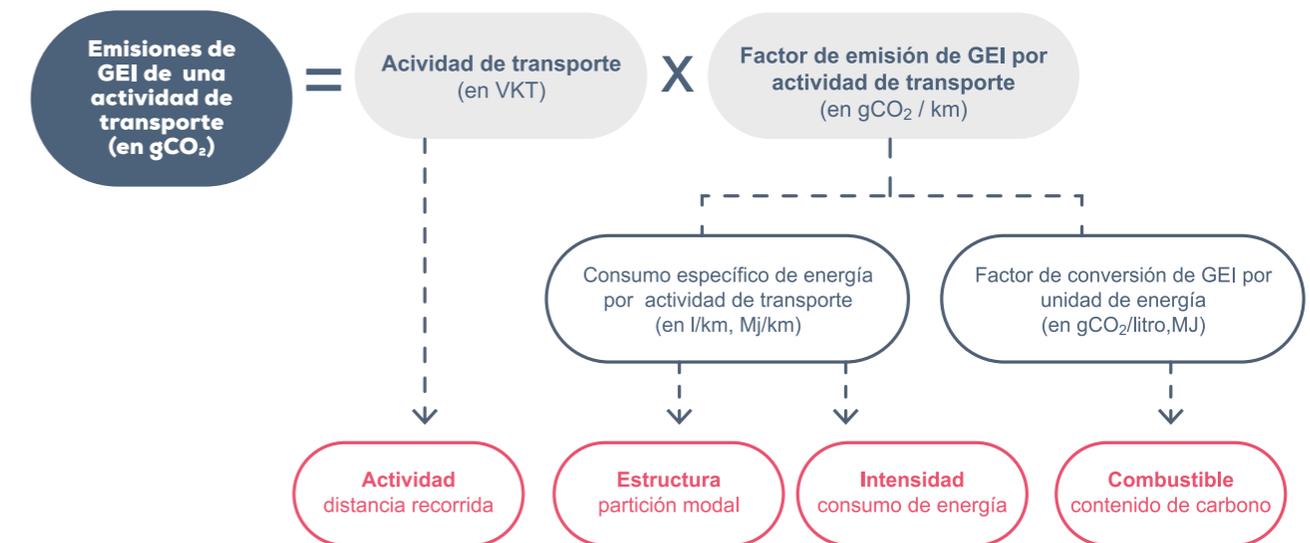


Ilustración 8. Marco ASIF para calcular las emisiones de la movilidad. Fuente: Alianza global MobiliseYourCity, 2017

² Este cálculo puede compararse con el método de arriba hacia abajo que consiste en obtener las emisiones a partir de la energía consumida, por ejemplo, el combustible vendido para el transporte en un territorio.

- **Actividad o demanda de transporte:** Incluye todos los viajes motorizados realizados en cada modo de transporte público presente en la ciudad y en los diferentes tipos de vehículo privado, tanto de personas como de mercancías. Es pre-

ciso recoger información mediante encuestas, aforos, oferta de transporte público, entre otros, para obtener finalmente los kilómetros anuales realizados por vehículos livianos y pesados.

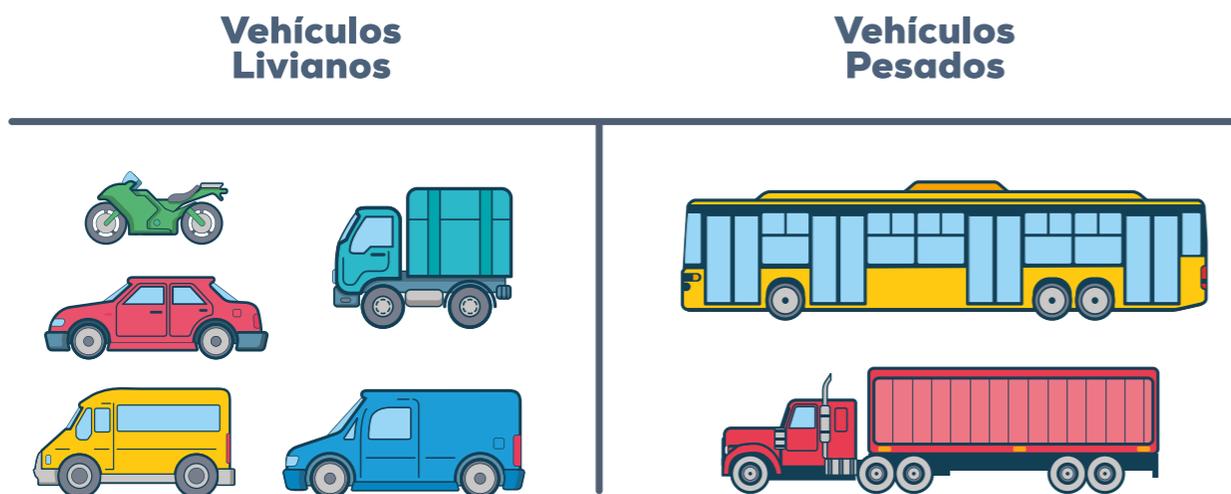


Ilustración 9. Tipos de vehículos.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656

Para obtener información sobre la actividad, si la información del transporte no se recoge de forma rutinaria o no se disponen estadísticas oficiales, existen diferen-

tes opciones para obtener información de forma sencilla. A continuación, se detallan algunas:

Instrumentos de captura de información	Modos de transporte	Tipo de información
Encuestas a empresas y hogares	Vehículo privado: Turismos, Motos Taxi Transporte público colectivo: Sistemas BRTs, Tranvía, Metro, Aerovía, Autobús urbano, intraprovincial e interprovincial, transporte escolar e institucional	Viajero-km
Encuestas de actividad a usuarios de vehículo privado	Vehículo privado: Turismos, Motos Taxi Camiones	Número de viajes y distancia Vehículos-km
Información de inspecciones	Vehículo privado: Turismos, Motos Taxi Camiones	Km del odómetro
Información de taxímetros	Taxi	Km totales Numero de viajes y distancia de viajes
Información de GPS	Vehículo privado: Turismos, Motos Taxi Camiones	Km de un vehículo en el periodo analizado La extrapolación a km totales solo se realiza si la medición de los vehículos y tiempo son representativos.
Medición de tráfico mediante sensores	Vehículo privado: Turismos, Motos Taxi Autobuses Camiones	Volumen de tráfico en la sección analizada

Instrumentos de captura de información	Modos de transporte	Tipo de información
Medición mediante video de secciones de carretera	Vehículo privado: Turismos, Motos	Volumen de tráfico en la sección analizada
	Taxi	
	Autobuses	
	Camiones	
Compañías públicas de transporte	Transporte público colectivo: Sistemas BRTs, Tranvía, Metro, Aerovía, Autobús urbano, intraprovincial e interprovincial	Energía total consumida
		Vehículos-Km totales
		Viajeros-km
		Capacidad de transporte
Planos de las redes de transporte público	Transporte público colectivo: Sistemas BRTs, Tranvía, Metro, Aerovía, Autobús urbano, intraprovincial e interprovincial	Factores de carga
		Longitud de cada ruta
Horarios del transporte público	Transporte público colectivo: Sistemas BRTs, Tranvía, Metro, Aerovía, Autobús urbano, intraprovincial e interprovincial, transporte escolar e institucional	Frecuencia de cada ruta
Abonos de transporte	Transporte público colectivo: Sistemas BRTs, Tranvía, Metro, Aerovía, Autobús urbano, intraprovincial e interprovincial, transporte escolar e institucional	Número de viajes y pasajeros
		Personas-km (metro)
Apps de taxis	Taxi	Número de pasajeros
		Personas-km
Telefonía móvil	No discrimina	Viajeros-km

Tabla 4. Ejemplos de fuentes para obtener información sobre la demanda de transporte
Fuente: Alianza global MobiliseYourCity, 2020a

☑ **Factor de emisión de GEI:** se calcula como el producto del consumo de energía de cada modo de transporte por el contenido en carbono de cada combustible.

- **Consumo de energía:** Específico para cada tipo de vehículo. Se dispone de información estandarizada de la Unión Europea, Estados Unidos o Japón, además de que algunos países elaboran la suya propia

A efectos del cálculo que se quiere realizar, es interesante considerar que aunque las emisiones del parque automotor presenten diferencias locales según sus propias condiciones climatológicas y geográficas (altura sobre el nivel del mar, por ejemplo), estas se mantienen constantes en cada ciudad mientras que las actuaciones de las administraciones locales para promover el trasvase a modos sostenibles se traducirán en cambios en las condiciones de la operación y en la composición del parque vehicular, constituyendo, por lo tanto, los principales factores que considerar.

Conociendo la composición del parque vehicular matriculado en la ciudad según livianos y pesados y a su vez, según su eficiencia energética (gasolina, diésel, gas, híbridos/eléctricos) pueden estimarse los kilómetros recorridos para cada tipo, aplicando al total de kilómetros el porcentaje que cada tipo de vehículo tiene en el parque vehicular, asumiendo que todos los vehículos de un tipo (ej. automóviles privados) recorren lo mismo en un año sin importar la tecnología (un promedio).

- **Factor de conversión de GEI:** Se recomienda emplear los factores de bases de datos actualizadas como las del IPCC, la Agencia Europea

del Medioambiente o la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

La precisión de estos valores afecta de gran manera en los cálculos de las emisiones totales. A nivel vehicular los factores de emisión dependen tanto de las condiciones técnicas del vehículo como de las condiciones de operación. Es por ello, que hay que tener en cuenta las características técnicas como, el tipo de certificado energético o la antigüedad y, por otra parte, conocer la calidad del tráfico, velocidad o características de la carretera.

Es importante mantener las mismas condiciones (ámbito geográfico, recopilación y tratamiento de datos, desagregaciones consideradas, por ejemplo) en los distintos escenarios y en las estimaciones de años sucesivos para que los resultados sean comparables. Por ello, en caso de no disponer de información detallada, es posible realizar las estimaciones de emisiones de GEI sin olvidar este condicionante.

Los factores de emisión se obtienen de la base de datos del IPCC (EFDB - Basic Search [iges.or.jp]), que es la que emplea el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador para la elaboración de los inventarios nacionales de GEI. Si se requiere información adicional, se pueden obtener factores de emisión actualizados en la base de datos de la Agencia Europea de Medioambiente (European Environment Agency, 2020).

Para garantizar la coherencia y la transparencia en los informes de emisiones, es importante documentar claramente todas las fuentes de datos, definiciones y suposiciones.



MEDICIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE



Para el control de la calidad del aire se utilizará como referente la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire (NECA), ya implantada en Quito.

Se establecen como indicadores la concentración media de $PM_{2.5}$ y PM_{10} en $\mu g/m^3$, porque son los contaminantes comúnmente seleccionados y, por tanto, permiten realizar análisis comparativos con Políticas Nacionales de Movilidad Urbana Sostenible de otros países.

No obstante, los analizadores de la calidad del aire disponibles en el mercado proporcionan mediciones continuas en tiempo real de hasta 10 contaminantes simultáneamente, por lo que, a criterio de los gobiernos locales y de sus propias problemáticas, podrían incorporarse los que consideren adecuados.

Las PM_{10} son las partículas en suspensión que tienen un diámetro aerodinámico igual o menor de 10 micras y son

generadas principalmente por la construcción y actividades mecánicas, mientras que las $PM_{2.5}$ tienen un diámetro aerodinámico igual o inferior a 2.5 micras y proceden de la combustión. Éstas son más dañinas que las PM_{10} al penetrar de forma más profunda en los pulmones y son las más directamente relacionadas con la movilidad.

Concentración máxima admisible ($\mu g/m^3$)		
Partículas en suspensión	Promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas	Promedio aritmético de todas las muestras en un año
$PM_{2.5}$	50	15
PM_{10}	100	50

Tabla 5. Concentración máxima admisible de partículas en el aire ambiente. Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2017

4.1. ¿QUÉ PASOS DEBEMOS SEGUIR?

El resumen metodológico se detalla a continuación.

<p>Etapa 0. Determinación de necesidades y recursos disponibles para el control de la calidad del aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Selección de zonas en las que se desea realizar las mediciones: mayor afección del tráfico motorizado, ubicación de actuaciones de promoción de la movilidad sostenible, etc. » Determinación del número de analizadores necesarios y su tipo
<p>Etapa 1. Operativa con los analizadores de aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> » En analizadores de aire fijos: instalación en las localizaciones escogidas y establecimiento de protocolos » En analizadores de aire portátiles: definición del protocolo y calendario de tomas de datos
<p>Etapa 2. Cálculo del indicador de contaminación del aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Mediante la suma de la concentración de cada contaminante entre el número de estaciones de medición » Recogida de la información en una base de datos » Elaboración de informes con valores diarios y anuales robustos
<p>Etapa 3. Verificación y evaluación del indicador de contaminación del aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Conversión a los valores del IQCA para cada contaminante » Evaluación del resultado y asignación del nivel de peligrosidad para la salud » Análisis de la evolución del indicador

Tabla 6. Resumen metodológico para la medición y control de la calidad del aire. Fuente: Elaboración propia



4.2. DETALLE DEL PROCESO QUE DEBEMOS SEGUIR

A. Disponibilidad y recogida de información

La disponibilidad de información depende a su vez, de la disponibilidad de analizadores de calidad de aire o estaciones de medición³. Sin embargo, el mercado actual cuenta con una gran variedad de productos que permiten seleccionar el que mejor se adapte a las necesidades o recursos asignados para este objetivo.



Ilustración 10. Ejemplos de estaciones de monitoreo de calidad del aire.

Como referencia inicial, se muestran las características de diferentes alternativas.

ESTACIÓN DE MONITOREO FIJA

- Parámetros a medir:
 - Materia Particulado PM₁, PM₁₀, PM_{2.5} y TSP

³ Según el análisis realizado durante la fase de diagnóstico, solo Quito y Cuenca tienen estaciones de monitoreo de calidad del aire y solo Quito cuenta con la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ).

(óptica protegida por aire de purga)

- Ozono (0-0.5 ppm O₃)
- Dióxido de nitrógeno (0-0.5 ppm NO₂)
- Produce datos confiables, sólidos y rastreables hasta estándares internacionales reconocidos.
- Es adecuado para su uso en una variedad de proyectos, incluidas redes de monitoreo de aire urbano y nacional, de carreteras y de perímetro industrial.
- Su sistema de calibración totalmente integrado permite la programación automática de calibraciones, lo que ahorra tiempo y dinero.
- Ofrece el equilibrio óptimo entre rendimiento y precio: mide los contaminantes de criterio según los límites de calidad del aire de la OMS y cuesta entre 3 y 5 veces menos que una estación tradicional basada en tecnología de analizador.
- Precio aproximado: 30.000 USD

ESTACIÓN DE MONITOREO PORTÁTIL

- Equipo de mano.
- Parámetros a medir:
 - Sensor de PM₁₀ / PM_{2.5}, 0.001 a 1000 mg/m³
 - Sensor de O₃, 0-0.5 ppm
 - Sensor de NO₂, 0-1 ppm
- Con comunicación directa a la PC por USB y software libre compatible con Windows

- Pueden configurarse con 28 sensores de gases y partículas diferentes.
- El cabezal de PM puede medir simultáneamente PM₁₀ y PM_{2.5}.
- Diseño ergonómico que se ajusta fácilmente a la mano.
- Batería de litio de larga duración que permite 24 horas de trabajo en campo.
- Sensores electroquímicos, con trazabilidad NIST
- Precio aproximado: 6.000 USD.

Otros aspectos que considerar:

- Si no existiese esta información, se puede realizar una estimación de las PM_{2.5} mediante las emisiones de los vehículos: a partir de los parámetros predeterminados de la flota.
- Las estaciones de medición en zonas industriales no se deben incluir, al menos que estas no se puedan excluir de la media de contaminación de la ciudad.
- En todo caso, es indispensable incluir la descripción del proceso de adquisición de datos junto con los valores del indicador.

B. Localización de las estaciones de medición

Según la Comisión Europea las estaciones de medición han de cumplir los siguientes requerimientos:

- El flujo de aire de entrada en la estación de medición no deberá estar restringido en una amplitud de 270° (180° si se encuentra en una calle con edificios)

- El punto de medición del aire ha de estar entre 1,5 m y 4 m por encima del nivel del suelo.
- Las estaciones de medición han de estar, al menos, a 25 m de las principales intersecciones y no a más de 10 metros del bordillo. Se considera intersección principal a aquella donde el tráfico se vea obligado a parar y volver a arrancar.

C. Cálculo del indicador de contaminación del aire

- Se obtienen los valores de contaminación del aire mediante la suma de la concentración de cada contaminante entre el número de estaciones de medición que se dispongan en el área de medición.

$$\text{Contaminación del aire media urbana } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\sum \text{Contaminación media del aire en la estación } n}{\text{Número total de estaciones en el área}}$$

- Se debe realizar un informe de forma regular para reportar valores diarios y anuales robustos.

Verificación del proceso de control de la calidad del aire

Para la verificación e interpretación de los procesos de control de la calidad del aire se propone continuar utilizando como referente el Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA), herramienta elaborada por la Red Metropolitana de Monitoreo del Aire de Quito (REMMAQ), para facilitar la comprensión de los resultados obtenidos en las mediciones de las concentraciones de los contaminantes comunes del aire.

Estas mediciones se convierten a los valores del IQCA utilizando relaciones lineales para cada contaminante, según se muestra en la tabla siguiente:

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración			
PM _{2.5} , promedio en 24 horas, ug/m ³	0<Ci≤50	50<Ci≤250	250<Ci	
	IQCA = 2.00Ci	IQCA = Ci + 50	IQCA = Ci + 50.00	
PM ₁₀ , promedio en 24 horas, ug/m ³	0<Ci≤100	100<Ci≤250	250<Ci≤400	400<Ci
	IQCA = Ci	IQCA = 0.6667Ci+33.333	IQCA = 0.6667Ci+33.33	IQCA = Ci-100

Ci: Concentración de un determinado contaminante.

Tabla 7. Expresiones matemáticas para el cálculo del IQCA.

Fuente: Índice quiteño de la calidad del aire IQCA, Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2023

El IQCA es una escala numérica entre 0 y 500, con rangos intermedios expresados también en diferentes colores. Mientras más alto es el valor del IQCA, mayor es el nivel de contaminación atmosférica y, consecuentemente, los peligros para la salud de las personas.

El IQCA asigna un valor de 100 a los límites máximos permitidos en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire

(NECA) para los distintos contaminantes, por lo que valores entre 0 y 100 implican que las concentraciones medidas son menores a los límites máximos permitidos. A partir de esta consideración básica, se han definido las seis categorías diferentes que se presentan en la siguiente tabla junto con sus valores límites en relación a la salud pública y el código de colores que posibilita una rápida asimilación del mensaje que se pretende comunicar:

Rangos	Condición desde el punto de vista de la salud	Color de Identificación
0-50	Óptima	Blanco
50-100	Buena	Verde
100-200	No saludable para individuos extremadamente sensibles (enfermos crónicos y convalecientes).	Gris
200-300	No saludable para individuos sensibles (enfermos).	Amarillo
300-400	No saludable para la mayoría de la población y peligrosa para individuos sensibles.	Naranja
400-500	Peligrosa para toda la población.	Rojo

Tabla 8. Rangos, significados y colores de las categorías del IQCA

Fuente:Índice quiteño de la calidad del aire IQCA, Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2023



ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, conforme a los acuerdos nacionales e internacionales suscritos por el país en el ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), ha elaborado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNA), que fue presentado oficialmente el pasado mes de febrero (MAATE, 2023). A continuación, se presenta un breve extracto que evidencia las sinergias con la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible en este aspecto.

En primer lugar, cabe indicar que el PNA se ha diseñado como un proceso continuo y estratégico, que permitirá contribuir al desarrollo sostenible del país mediante la integración de la adaptación en la planificación territorial y la identificación de las prioridades nacionales, locales y sectoriales que deberán abordarse en el mediano y largo plazo (International Institute for Sustainable Development, 2022).

El PNA llevó a cabo estudios de riesgos climáticos sectoriales a nivel nacional de acuerdo con los seis sectores priorizados⁴ en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) de los cuales los resultados obtenidos en el sector de Asentamientos Humanos⁵ se encuentran directamente vinculados a la Política de

⁴ Los sectores priorizados para la adaptación al cambio climático en el Ecuador son: Asentamientos Humanos; Patrimonio Hídrico; Patrimonio Natural; Salud; Sectores Productivos y Estratégicos; y, Soberanía Alimentaria, Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.

⁵ El Estudio de Riesgo Climático llevado a cabo en el sector de Asentamientos Humanos fue realizado en una muestra de ciudades seleccionadas: en la Costa, en Daule (Guayas), Ventanas y Vinces (Los Ríos) y Chone (Manabí); en la Sierra, en Guaranda (Bolívar) y Sangolquí (Pinchincha); y en la Amazonía, en El Coca (Orellana).

Movilidad Urbana Sostenible. Los resultados obtenidos mencionan que los principales riesgos e impactos asociados al cambio climático que podrían afectar a la movilidad urbana están relacionados con periodos de sequía y exceso de agua, que podrían causar inundaciones y deslizamientos.

Tomando en cuenta la importancia de la adaptación al cambio climático en los países en vías de desarrollo, los cuales tienden a ser más vulnerables al cambio climático, la presente sección de la guía pretende brindar los insumos necesarios para la transversalización de la adaptación al cambio climático dentro de la política de movilidad urbana sostenible a través de evaluación de riesgos climáticos sobre la movilidad sostenible, la definición de medidas de adaptación y el diseño de programas/proyectos.

Además, se presentan una serie de directrices a seguir y que se encuentran vinculadas al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador que pueden ser aplicables en entornos urbanos, acompañado de las recomendaciones específicas para su implementación en el marco de la movilidad sostenible en las ciudades de Ecuador de distintos tamaños.



El objetivo común de todas ellas es integrar la naturaleza y otras acciones en la ciudad como mecanismo para reducir los riesgos e impactos asociados al cambio climático, como el aumento de la intensidad y duración de periodos de altas temperaturas, la mayor intensidad de los periodos de sequía, o la mayor frecuencia de episodios de precipitaciones torrenciales extremas, entre otras.

Una ciudad adaptada al cambio climático es una **ciudad resiliente**, porque:

- ☑ **Reduce su vulnerabilidad** y exposición a los desastres de origen natural y humanos mientras consigue progresar.
- ☑ **Está preparada** para identificar, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de un shock o esfuerzo mientras consigue continuar con sus funciones esenciales.
- ☑ **Cuentan todos** sus ciudadanos y ciudadanas y grupos de interés en la reducción del riesgo.

5.1. PRINCIPALES AMENAZAS E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

Las amenazas e impactos del cambio climático en la movilidad sostenible son numerosas, aunque pueden concretarse principalmente en las que afectan a las infraestructuras viarias, que es por donde se realizan los desplazamientos, y a las condiciones climáticas, que favorecen o dificultan la movilidad activa. Así, pueden mencionarse las siguientes amenazas y sus efectos físicos directos más significativos:



⁶ [Para mayor información sobre riesgos y amenazas asociadas al cambio climático puede visitar la Plataforma web S-PRACC del MAATE.](#)

Estos impactos no se producen en todas las ciudades ni en la misma medida. Por ello, **es preciso transversalizar dentro de las políticas y normativas locales relacionadas con la movilidad urbana sostenible criterios de adaptación al cambio climático que les permita a los GAD Municipales identificar sus riesgos e impactos⁶ más probables y diseñar e implementar sus propias medidas de adaptación.**



Ilustración 11. Principales amenazas e impactos del cambio climático en la movilidad sostenible y medidas de adaptación. Fuente: Adaptado del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador 2023-2027, MAATE, 2023

5.2. ENFOQUES METODOLÓGICOS PARA EVALUAR EL RIESGO CLIMÁTICO EN LA MOVILIDAD URBANA

5.2.1. MODELO CONCEPTUAL DEL RIESGO CLIMÁTICO

En los últimos años, Ecuador ha trabajado y fortalecido la generación de información base que permita comprender cómo se presentarán los cambios del clima futuro y cuáles serán los posibles impactos esperados. Estos insumos son clave en la toma de decisiones para una gestión del cambio climático basada en evidencia de las zonas más vulnerables a los impactos negativos de este fenómeno. Las metodologías desarrolladas y sus lecciones aprendidas han permitido generar análisis



Ilustración 12. Conceptualización del riesgo climático en base a los Reportes del IPCC AR5 (derecha) y AR6 (izquierda). Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador 2023-2027, MAATE, 2023

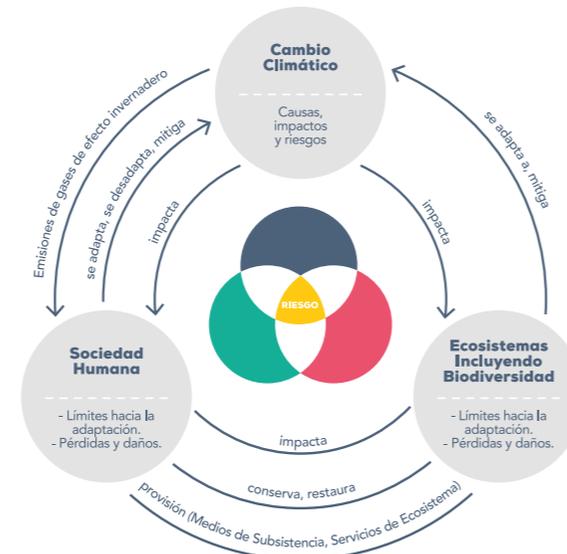
de riesgo climático robustos en diferentes sectores, cuyos resultados han permitido la identificación de medidas de adaptación.

Las metodologías fueron diseñadas y aplicadas bajo el marco metodológico de riesgo climático presentado en el Quinto y Sexto Reportes de Evaluación del IPCC del Grupo de Trabajo II, donde se integraron los peligros o amenazas vinculados al clima, factores de exposición de los sistemas sociales y ecológicos y la vulnerabilidad (que a su vez integra la sensibilidad y capacidad adaptativa).

Bajo esta concepción, la forma general de interpretar el riesgo climático en estos niveles ha sido la siguiente:

$$\text{Riesgo climático (RC)} = f(\text{Amenaza (A)}, \text{Exposición (E)}, \text{Vulnerabilidad (V)})$$

$$\text{Vulnerabilidad (V)} = f(\text{Sensibilidad (S)}, \text{Capacidad Adaptativa (CA)})$$



5.2.2. NIVELES METODOLÓGICOS PARA EVALUAR RIESGO CLIMÁTICO

Según el PNA (MAATE, 2023) y de acuerdo a la experiencia del Ecuador en la comprensión del riesgo climático se ha categorizado en tres niveles metodológicos: (i) construcción participativa del riesgo climático; (ii) análisis estadístico a través de indicadores; y, (iii) modelación biofísica.

- ☑ a) **Nivel I. Construcción participativa del riesgo climático:** Dentro de este nivel, el análisis de riesgo climático se levanta a través de un proceso participativo que representa la percepción social y/o técnica (de grupos locales o de especialistas) para el análisis de la exposición y de la vulnerabilidad, de acuerdo con un conjunto de lineamientos diseñados para facilitar el proceso, el cual es complementado con información de amenazas climáticas presentes y futuras, observaciones de parámetros hidrometeorológicos, información histórica de eventos climáticos extremos, información geoespacial, entre otras. Se puede encontrar un ejemplo de aplicación en (MAATE, 2021).
- ☑ b) **Nivel II. Análisis Estadístico a través de indicadores.** El nivel II contempla métodos basados en la parametrización de indicadores y su respectivo análisis estadístico para la estimación del riesgo climático. Al igual que el nivel I, en este también se realizaron los análisis bajo el marco conceptual del AR5 del IPCC y la información de

proyecciones climáticas generadas para Ecuador mediante la utilización de modelos del CMIP5. Para futuras aplicaciones es necesario hacer uso de la información actualizada de proyecciones y amenazas climáticas. Por ejemplo, se encuentran disponibles proyecciones climáticas para el Ecuador con los Modelos Globales de Circulación (GCM) del CMIP6. Se puede encontrar un ejemplo de aplicación en (MAE y MAG, 2020).

- ☑ c) **Nivel III. Modelación biofísica.** El Análisis de Riesgo Climático (ARC) diseñado por el MAATE y actores del GST utilizó el marco conceptual del Reporte Especial de Océanos y Criósfera del Sexto Ciclo de Evaluación del IPCC. El ARC resulta de la interacción entre los parámetros del modelo biofísico que representan la sensibilidad y capacidad adaptativa (vulnerabilidad) del elemento expuesto, y la amenaza climática. La definición de metodologías, sistema sectorial priorizado y su elemento expuesto, modelos biofísicos e información disponible, se realizó bajo un proceso participativo, técnico y científico interinstitucional. A su vez, el GST conformado para este efecto, participó en el proceso de calibración de los modelos utilizados en cada sector y validación de los resultados. Se puede encontrar un ejemplo de aplicación en (MAATE, 2023, p.72).

Como se puede observar, los niveles de análisis abordan la adaptación al cambio climático con diferente profundidad, por lo que cada GAD del país podrá seleccionar la metodología más adecuada a su situación inicial y a partir de ahí, evolucionar en los años siguientes hasta niveles más avanzados.

5.3. LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PNMUS

La PNMUS incluye una serie de medidas que fomentan la movilidad urbana sostenible y que necesariamente deberán incorporar criterios de adaptación al cambio climático en su diseño e implementación. A continuación, se detalla cómo llevar a cabo esta transversalización en algunas de estas medidas:

A. Infraestructuras para la movilidad sostenible

Actuación: Obligación de incorporar criterios de resiliencia en todas las infraestructuras que se implementen en el municipio en el marco de la movilidad sostenible, como aceras, ciclovías, calles peatonales, entre otras, y en su entorno.

- Aprovechando el desarrollo de infraestructuras en la implementación de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible PMUS y en cualquier obra civil que se lleve a cabo, integrar la naturaleza en la ciudad como mecanismo para reducir los impactos derivados del cambio climático, como el aumento de la intensidad y duración de olas de calor y de los periodos de sequía o la mayor frecuencia de episodios de precipitaciones torrenciales extremas, con acciones que “reverdezan” la ciudad, como jardines verticales, toldos vegetados, suelos drenantes o permeables, llanuras de inundación que sirven para controlar las crecidas de los ríos cada vez más

acusadas por efecto directo del cambio climático, plantaciones o repoblaciones de especies autóctonas, estabilización de laderas y taludes mediante vegetación, entre otras.

- El mecanismo que se propone es el siguiente:

- Análisis de la normativa vigente y elaboración de nuevas normas o adaptación de las actuales para incorporar criterios de resiliencia frente al cambio climático en las infraestructuras que se desarrollen.
- Cálculo del indicador de verde urbano en las ciudades, que se define como m² de verde urbano por habitante, considerando no solo parques y jardines, sino todo tipo de espacios verdes, es decir, horizontales y verticales, públicos y privados.
- Mapeo e identificación de los actores clave vinculados al proceso de adaptación.
- Identificación de riesgos climáticos, determinación de necesidades, selección de medidas idóneas y su ejecución.

B. Campañas de sensibilización

Actuación: Campañas de sensibilización para difundir los riesgos climáticos presentes y futuros existentes en nuestros territorios y promover criterios de resiliencia y adaptación al cambio climático en las actuaciones urbanísticas públicas o privadas.



- Realización de campañas para sensibilizar a los funcionarios públicos y a la población en general de la importancia de aumentar la resiliencia frente al cambio climático en las ciudades, incorporando elementos para naturalizar la ciudad y con ello, minimizar los riesgos sobre los recursos naturales y sobre la salud de las personas, la calidad del hábitat urbano y los sistemas socioeconómicos.

- Asimismo, es preciso que estas campañas de sensibilización incluyan cómo las acciones de resiliencia son aún más necesarias en las zonas de las ciudades donde las consecuencias del cambio climático pueden tener un efecto mayor en razón de la vulnerabilidad y desigualdades que enfrentan dichas poblaciones y dentro de ellas, además, considerar a los grupos de atención prioritarias, como son los niños y niñas, las personas de avanzada edad o con alguna discapacidad y las mujeres, entre otros.

- El mecanismo que se propone es el siguiente:

- Desarrollo de campañas a nivel municipal en radio, prensa, boletines municipales y otros espacios de información pública; y en las redes sociales.
- Desarrollo de campañas y talleres en espacios municipales, centros sociales y asociaciones vecinales.
- Desarrollo de programas de sensibilización y educación sobre el cambio climático, así como sus posibles impactos sobre las opera-

ciones diarias, con el fin de que se incorpore al día a día de la planificación municipal.

- Programas de sensibilización dirigidos a los diferentes agentes de la ciudad.
- Foros o jornadas para la ciudadanía, así como habilitar nuevos canales de comunicación.

C. Campañas divulgativas

Actuación: Favorecer el desarrollo de proyectos ejecutados con criterios de resiliencia frente a los efectos adversos del cambio climático en las ciudades mediante la divulgación y socialización de buenas prácticas llevadas a cabo en ciudades de Ecuador.

- Selección de experiencias recomendables y preparación del material técnico y divulgativo. Asimismo, es preciso que estas campañas divulgativas también sensibilicen sobre las diferentes consecuencias del cambio climático, que pueden tener un efecto mayor en los grupos de atención prioritarias, como son los niños y niñas, las personas de avanzada edad o con alguna discapacidad y las mujeres, entre otros.

El mecanismo que se propone es el siguiente:

- Desarrollo de campañas a nivel municipal en radio, prensa, boletines municipales y otros espacios de información pública; y en las redes sociales.
- Desarrollo de campañas y talleres en espacios municipales, centros sociales y asociaciones vecinales.

5.4. EJEMPLOS DE MEDIDAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

En el presente apartado, se presenta una selección de medidas de adaptación al cambio climático como referencia para la formulación de proyectos de movilidad urbana en ciudades ecuatorianas, según sus necesidades y características, organizadas según la amenaza climática que se desea evitar. Es importante recalcar que algunas de estas medidas están vinculadas con aquellas sugeridas en el PNA.

5.4.1. AMENAZA: ALTAS TEMPERATURAS

A. Reducción del impacto de las olas de calor en la movilidad activa

Estas actuaciones resultan **especialmente indicadas para implementarse en ciclovías, aceras, calles peatonales, etc.** junto con arborización, para que el uso de estos modos resulte más cómodo y atractivo y, en definitiva, **promover la movilidad activa.**

- **Calles arboladas:** los árboles tienen un gran potencial de enfriamiento de las ciudades, gracias a la sombra que generan y reduciendo la cantidad de calor que absorbe el asfalto. Además, también absorben CO₂, en gran parte procedente de los vehículos.
- **Jardines verticales y toldos vegetados:** además de absorber CO₂ y mejorar la calidad paisajística de la zona, aumentan la infiltración y con ello, reducen el riesgo de inundación.



Ilustración 13. Jardín Vertical
Fuente: Infobae, 2021



Ilustración 14: Nieblas de agua
Fuente: ABC Sevilla

- Creación de **microclimas húmedos bajo una gestión eficiente del agua**. La integración de estos microclimas a través de fuentes, nieblas de agua, arroyos, cascadas o piscinas aportan numerosos beneficios como reducción de las temperaturas y de las olas de calor y la creación de zonas de recreo y ocio.
- Colocación de **elementos generadores de sombra** en las proximidades de zonas estanciales (bancos, áreas de descanso y juego) y en ciclovías y aceras. No solo la colocación de árboles, sino la instalación de sombreado estacional mediante lonas.
- Creación de áreas de sombra en las zonas de recreo de las escuelas y suelos no bituminosos con el fin de reducir los efectos de olas de calor.
- Uso de diferentes materiales que aumentan la infiltración y reducen la absorción de radiación en lugar de asfalto para zonas de juegos y descanso.

B. Renaturalización

- Potenciar el sistema fluvial del municipio, como corredor ecológico, a través de la restauración o renaturalización de los espacios ribereños degradados y la eliminación de barreras físicas al flujo hídrico y biológico.
- Reverdecimiento de espacios públicos, privados y comunitarios.
- Mejora de la conexión de los diferentes espacios naturales de la ciudad, mediante la creación de corredores verdes entre ellos o el aumento de la zona arbolada.
- Diseño de corredores verdes que faciliten el tránsito de polinizadores.



Ilustración 15: Instalación de lonas a lo largo de las calles para la generación de sombra. Fuente: Carpatec

Estas actuaciones deben realizarse con especies autóctonas para asegurar la adaptación a las condiciones climatológicas y la mejor integración en el territorio. En este aspecto, es preciso destacar el ejemplo de Quito, reconocida el 4 de febrero de 2020 como una de las 59 ciudades más arboladas del mundo y constituyéndose como uno de los lugares más resilientes y sostenibles, por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación Arbor Day (Día del Árbol). Y en efecto, entre 2019 y 2020, el Municipio de Quito ha plantado 125.610 árboles de especies nativas como pumamaqui, alisos, chollan, capulí, cedro etc. En total son 1.282,6 hectáreas (Unión de Ciudades Capitales Iberoamericanas, 2020).

Asimismo, es importante resaltar que este tipo de medidas no solo son más económicas, sino que traen efectos

positivos colaterales. En concreto, cabe mencionar la mejora de la calidad del aire, la amortiguación de las altas temperaturas por efecto de la evapotranspiración, la mayor infiltración del agua de lluvia en detrimento de la pérdida por evaporación, la reducción del estrés y mejora de la salud mental que produce el contacto con la naturaleza y el aumento de la biodiversidad urbana por favorecer el desarrollo de otras especies muy diversas de insectos, aves, pequeños mamíferos, etc.

En relación con la movilidad hay que destacar también que son entornos que promueven los desplazamientos a pie, en bicicleta, en patineta y otros vehículos de micromovilidad aportando nuevamente beneficios al conjunto de la ciudadanía y al medio ambiente.



Ilustración 16: Renaturalización de Quito. Fuente: Mercado y empresas/ municipalismo

5.4.2. AMENAZA: AUMENTO DE LLUVIAS TORRENCIALES EN INTENSIDAD Y FRECUENCIA

Las inundaciones, tanto debido a crecidas de ríos como a lluvias torrenciales que no pueden ser evacuadas por los sistemas de drenaje de la ciudad, ade-

más de otros impactos, producen afecciones en las infraestructuras viarias de todo tipo, que dificultan o impiden la movilidad. Asimismo, es preciso considerar que los peatones, ciclistas y personas que se desplazan en patineta o vehículo similar son los primeros afectados en estos casos, puesto que no cuentan con ningún elemento de salvaguarda. Por ello, las medidas de adaptación relacionadas con el urbanismo y el diseño de calles cómodas, confortables y seguras

que se enumeran seguidamente tienen el objetivo de promover la movilidad sostenible evitando daños al espacio por el que se desarrolla.

☑ A. Urbanismo resiliente frente a inundaciones fluviales

El urbanismo resiliente consiste en incorporar criterios de sostenibilidad y resiliencia, mediante el desarrollo o adecuación de normativa local para nueva construcción. En este caso, considerando el riesgo de inundación.

- Elaboración o actualización de normativa urbana local que considere en la nueva construcción el aumento del riesgo de inundaciones, tanto en la costa como fluvial.

- Restricción de nueva construcción en zonas inundables o con alto riesgo previsible en el futuro o como alternativa, la obligación de incorporar mecanismos de resistencia a la inundación como suelos con mayor infiltración o humedales. Para ello, las zonas se han de clasificar mediante sistemas de información geográfica (GIS) en mapas de peligrosidad y riesgo de inundación a escala local, mediante el Sistema de información de Proyecciones y Riesgo Climático, Medidas de Adaptación al Cambio Climático e Indicador de Vulnerabilidad del Ecuador (SPRACC), del MAATE, como el mapa que se muestra en la imagen.

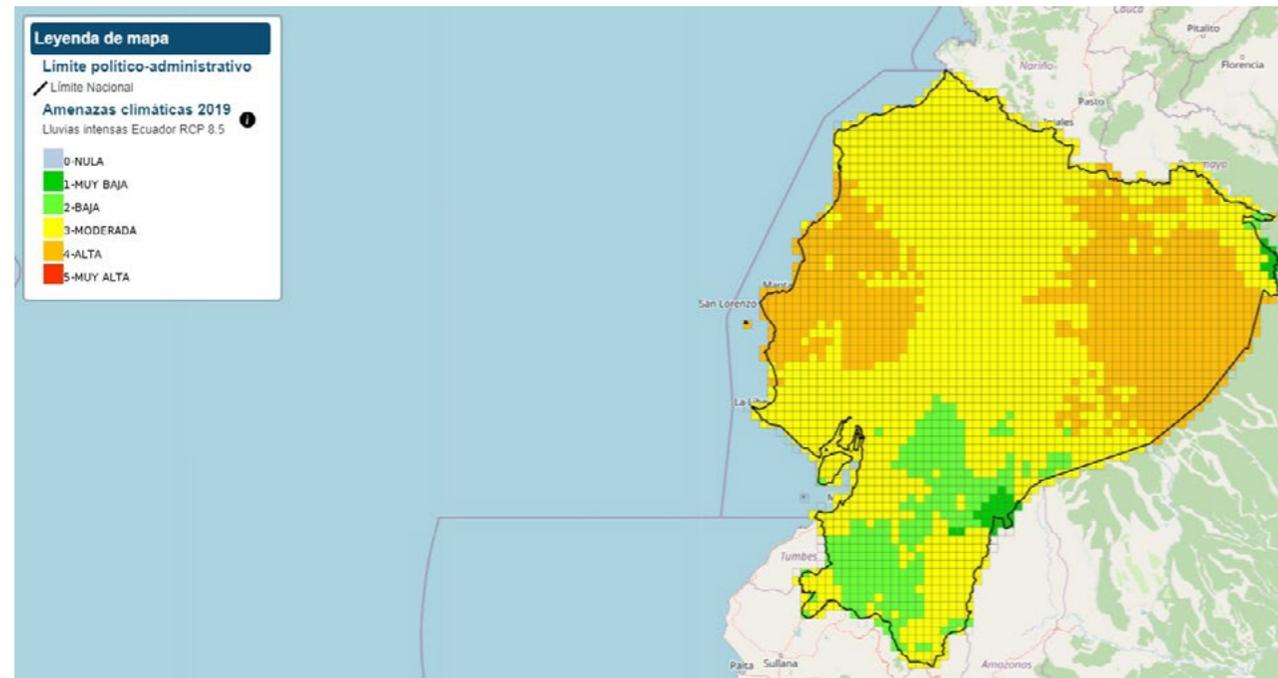


Ilustración 17: Mapa de amenazas climáticas por lluvias intensas
Fuente: [Plataforma web S-PRACC, MAATE, 2022b](#)



☑ B. Superficies permeables y drenaje sostenible frente a inundaciones por lluvias y sistemas de drenaje inadecuados

En este caso las medidas de adaptación al cambio climático se centran en adecuar la ciudad para evitar inundaciones por lluvias torrenciales.

- Creación de superficies verdes en zonas con riesgo a inundaciones, que son más económicas que las soluciones “grises”, como los diques.
- La implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS) que hacen que se reduzcan los efectos de la gran cantidad de infraestructura gris en la ciudad, posibilitando la permeabilidad. Las medidas de SUDS abarcan:

- Aparcamientos permeables
- Depósitos de agua reciclada
- Drenaje que permita el riego de alcorques
- **Pavimento permeable que favorezca la infiltración de agua, especialmente en itinerarios ciclopeatonales.**

Destaca en Madrid la reforma del parque Gomeznarro, que sufría grandes problemas de escorrentía y erosión a causa de las pendientes longitudinales y transversales. Se remodeló el parque introduciendo SUDS (pavimentos permeables y depósitos de percolación), quedando solucionados los problemas relacionados con los eventos de precipitación, lo que se tradujo en un incremento de uso por peatones y ciclistas.



Ilustración 18: Instalación del drenaje sostenible y resultado final. Fuente: Drenaje Sostenible



Ilustración 19: Pavimento drenante para evitar inundaciones. Fuente: Parque Benicalap, Valencia / Téseris, España

C. Reducción de la erosión en laderas con reforestación

El aumento en la intensidad y frecuencia de las lluvias en ciertas zonas podría afectar principalmente a las poblaciones que se encuentran en laderas, quebradas o que habitan al filo de los ríos.

Como ya se ha mencionado, los primeros afectados son los peatones, ciclistas y personas que se desplazan en dispositivos de movilidad personal como las patinetas.

- Reforestación de laderas. Es la mejor medida para la reducción de la erosión de las laderas y la disminución de riesgos de desprendimientos, aunque cuanto mayor es la pendiente, mayores son los problemas de conservación. Sin embargo, los tallos y hojas de las plantas disipan la energía con la que incide la precipitación en la ladera y los sistemas de raíces aumentan la resistencia de del suelo.
- Plantación vegetal en barrera. Son barreras vegetales perpendiculares a la línea de máxima pendiente mediante arbustos de especies autóctonas.

D. Reducción de la erosión en laderas con materiales diversos

- Mantas orgánicas: geotextiles constituidos por mallas y fibras naturales o sintéticas. Recomendado para pendientes muy acentuadas con grandes riesgos de erosión, donde exista dificultad para la restauración vegetal.
- Mallas o redes orgánicas: similar a las mantas, pero con una densidad de huecos mayor, se emplean como refuerzo de otras soluciones.
- Geoceldas: permiten retener materiales, lo que refuerza el terreno en fuertes pendientes. En las celdas se permite el desarrollo de vegetación.

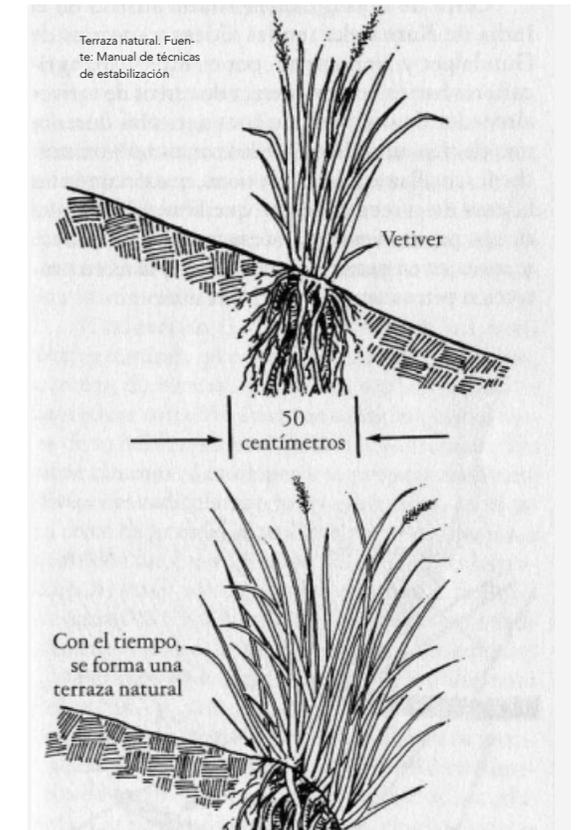
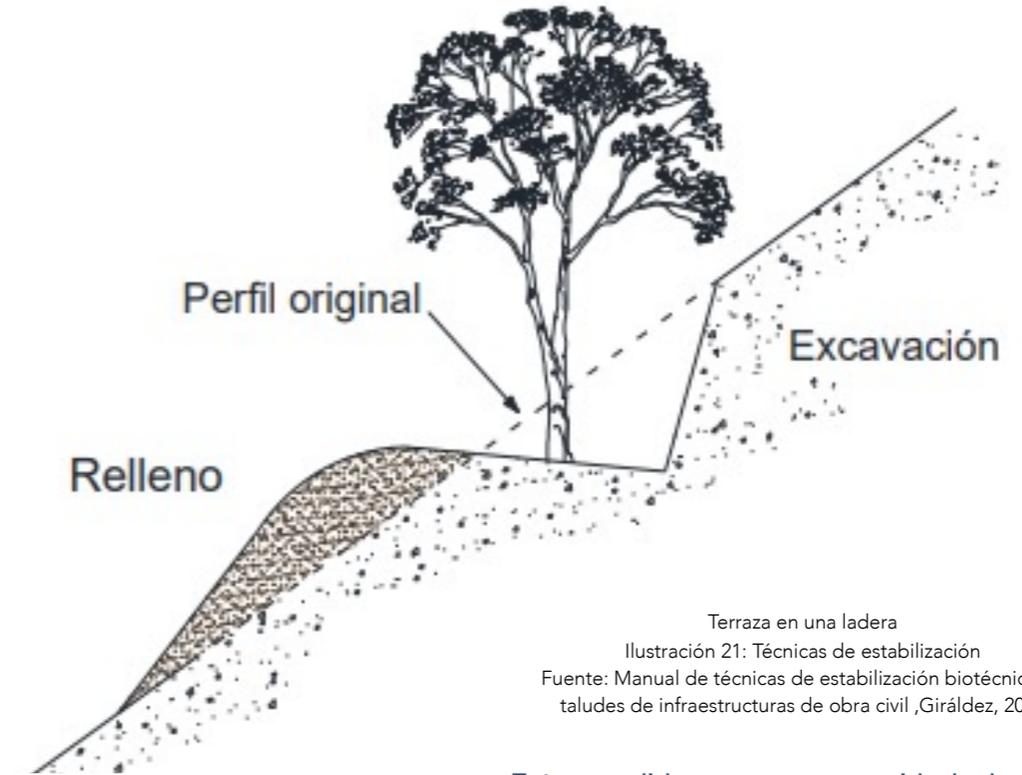


Ilustración 20: Terraza natural. Fuente: Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil, Giráldez, 2014.

- Geomallas volumétricas: ideal para desmontes donde no se pueda aportar suelo para mejorarlo.
- Acolchado: crear una cobertura del suelo de la pendiente con distintos materiales. Sirve para proteger del impacto de la precipitación y reduce la velocidad de la escorrentía. Además, reduce la temperatura del suelo y aumenta la humedad.
- Terrazas o bermas: su objetivo es reducir la longitud de la pendiente para interceptar la escorrentía superficial.



Terraza en una ladera
 Ilustración 21: Técnicas de estabilización
 Fuente: Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil ,Giráldez, 2014

Estas medidas generan seguridad a los peatones y ciclistas cuando circulan junto a laderas con riesgo de desprendimientos. Además, la reforestación aumenta la superficie verde, lo que genera importantes sinergias con las soluciones para reducir las olas de calor.



REFERENCIAS

Alianza global MobiliseYourCity MYC (2017). Monitoreo y presentación de informes de las emisiones de GEI.

Alianza global MobiliseYourCity MYC (2020a). Core Indicator and Monitoring Framework.

Carpatec, A. (2016, septiembre 1). *Cubierta Textil tensada para sombreado calles en Nerja*. Carpathec. <https://www.carpatec.es/proyectos/cubierta-textil-tensada-para-sombreado-calles-en-nerja/>

De Sevilla, A. B. C. (2016, julio 4). *El microclima en Sevilla es una maravilla*. ABC de Sevilla. https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-microclima-sevilla-maravilla-201607041616_noticia.html

Drees, F., Peltier, N., & Espinet, X. (27 de octubre de 2021). *Cuatro claves para abordar la crisis climática*. Obtenido de Banco Mundial Blogs.

European Environment Agency. (23 de noviembre de 2020). *Emission Factor Database*.

Giráldez, J. V. (2014). *Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil*. Córdoba: Junta de Andalucía.

IFEU (2014) *Recommendations on the methodology for GHG accounting in the energy and transport sector in local municipalities in Germany*. Heidelberg

Infobae (18/03/2021). *Algunos de los jardines verticales más grandes del mundo están en América Latina: cuáles son*.

INRIX (2022). *Global Traffic Scorecard*

International Institute for Sustainable Development (2022). *El proceso del Plan Nacional de Adaptación (PAN): Preguntas frecuentes – NAP Global Network*

IPCC (2007). *Cambio Climático 2007. Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad - Resumen para responsables de Políticas y Resumen Técnico*. Parte de la contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2021). *Actualización y complementación del Plan de Acción de Humedales del Ecuador mediante la incorporación de la dimensión de Adaptación al Cambio Climático*.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2022a). *Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2022b). *Plataforma web S-PRACC*. Obtenido de Sistema de información de Proyecciones y Riesgo Climático, Medidas de Adaptación al Cambio Climático e Indicador de Vulnerabilidad del Ecuador: <http://spracc.ambiente.gob.ec/geovisor-web-s-pracc/frontend/>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2023). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador (2023-2027)*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2017a). *Norma ecuatoriana de calidad del aire del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio Medio Ambiente*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (2017b). *Tercera Comunicación Nacional y Primer Informe Bienal de Actualización*.

Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] y Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] (2020). *Análisis Nacional del Riesgo Climático del Sector Ganadero del Ecuador*. Quito: Ganadería Climáticamente Inteligente.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656. *Registro Oficial No. 846 de 2016-09-22*.

Organización Meteorológica Mundial (2021). *Estado del clima en América Latina y el Caribe*

Recolección de residuos sólidos por el medio ambiente. (s/f). Gob.ec. Recuperado el 27 de abril de 2023, de <http://www.quitoinforma.gob.ec/2021/06/03/recoleccion-de-residuos-solidos-evita-focos-de-insalubridad-y-preserva-el-ambiente/recoleccion-de-residuos-solidos-por-el-medio-ambiente-1/>

Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2023). *Valores del IQCA*. Obtenido de *Índice Quiteño de la Calidad del Aire (IQCA)*.

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (2017). *Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003*.

Unión de Ciudades Capitales Iberoamericanas. (11 de febrero de 2020). *Quito entre las ciudades más resilientes y sostenibles por sus árboles*.



ANEXO. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA ABORDAR IMPACTOS EN EL SECTOR DE ASENTAMIENTOS HUMANOS (PNA)

ASENTAMIENTOS HUMANOS
Incremento en la magnitud y/o impacto de las inundaciones
Construir presas (a partir del respectivo análisis de factibilidad y diseño final), con el fin de prevenir y controlar el riesgo de inundaciones y grado de afectación a los asentamientos humanos en épocas de lluvias intensas.
Diseñar e implementar programas de arborización urbana y reforestación del área de influencia de los asentamientos humanos que incluya especies arbóreas cuyo objetivo sea regular el nivel freático y promover la infiltración de las aguas en épocas invernales.
Promover e implementar infraestructura natural como sistemas de drenaje urbano sostenible, para promover la infiltración de agua y reducir el volumen de agua de inundaciones.
Diseñar e implementar Sistema Comunitario de Alerta Temprana sensible al género que permita contar con poblaciones preparadas ante inundaciones originadas por lluvias extremas, considerando que el sistema integre: <ul style="list-style-type: none"> ☑ Equipos para el monitoreo permanente de información meteorológica e hidrológica ☑ Plan de Contingencia y Respuesta que identifique rutas de evacuación, zonas seguras, zonas de acogida ☑ Creación de brigadas comunitarias en zonas de alto riesgo incluyendo procesos de fortalecimiento de capacidades a nivel técnico y comunitario
Diseñar, implementar y fortalecer sistemas de monitoreo y vigilancia hidrológico y meteorológico para fortalecer los sistemas de alerta temprana locales ante inundaciones.
Promover campañas locales de limpieza y manejo de escombros y basuras en épocas lluviosas, a fin de evitar taponamiento de alcantarillas y colectores, en zonas con mayores riesgos a inundaciones.

Construir obras de infraestructura para reducir los impactos de inundaciones por desbordamientos de ríos: <ul style="list-style-type: none"> ☑ Diseño y construcción de infraestructura para encauzar el agua de los ríos evitando el desvío del recurso hacia ecosistemas frágiles. ☑ Dragado de ríos que atraviesan las ciudades con riesgos de inundaciones. ☑ Construcción de obras civiles como muros, espolones, barreras y diques en los cauces de los ríos cercanos a la ciudad, con el propósito de disminuir la velocidad de la corriente fluvial y minimizar el riesgo de la ocurrencia de avenidas torrenciales.
Elaborar y ejecutar planes de desarrollo y ordenamientos territorial, uso y gestión del suelo urbano incluyendo criterios de adaptación al cambio climático que limite el crecimiento y la expansión de la ciudad en las zonas identificadas con riesgo de inundaciones por eventos hidrometeorológicos.
Incremento de las áreas y volúmenes de deslizamientos en tramos críticos identificados en las vías principales de país ocasionados por eventos extremos de carácter hidrometeorológico
Fomentar, diseñar e implementar iniciativas de restauración ecológica y reforestación en áreas degradadas e inestables que circundan a las ciudades y donde pueden ocurrir deslizamientos ocasionados por lluvias extremas.
Construir obras civiles como muros de contención y estabilización de taludes para reducir los impactos de deslizamientos.
Elaborar y ejecutar planes de desarrollo y ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo urbano incluyendo criterios de adaptación al cambio climático que limite el crecimiento y la expansión de la ciudad en las zonas identificadas con riesgo a deslizamientos por eventos hidrometeorológicos por lluvias extremas.

ASENTAMIENTOS HUMANOS
Generar estudios relacionados con bioindicadores y proxys climáticos que permitan identificar la fragilidad del medio ante la acción antrópica de los asentamientos humanos.
Desarrollar e implementar proyectos de infraestructura natural o verde que actúen como alternativas de adaptación para los asentamientos humanos existentes y sus proyecciones.
Desarrollar estudios relacionados a migración climática temporal o permanente de la población debido a condiciones climáticas actuales y las proyectadas a futuro.
Desarrollar estudios de las variaciones climáticas y los eventos extremos y su impacto en las localidades, en lo que respecta a fenómenos migratorios internos y transfronterizos.
Determinar la vulnerabilidad de los asentamientos humanos –formales e informales– frente a los impactos negativos generados por las amenazas hidrometeorológicas, con la finalidad de plantear políticas de reubicación.
Desarrollar una base de indicadores nacionales que permitan aportar al monitoreo de la reducción de riesgo climático en zonas de asentamientos humanos.
Desarrollar normativas urbanas y arquitectónicas que incorporen criterios de adaptación al cambio climático como parte de una gestión eficiente en términos energéticos y de planificación territorial (PDOT) para los diseños y configuraciones urbanas.
Elaborar normas de uso de suelo para asentamientos humanos que incorporen criterios de adaptación al cambio climático.

Incluir criterios de adaptación al cambio climático en agendas de reducción de riesgo, estrategias, planes, normativas e información geográfica desarrollada por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Gobiernos Locales, relacionadas con adaptación al cambio climático.
Generar un plan que permita gestionar los riesgos de desastres provocados por amenazas hidrometeorológicas que afecten a los asentamientos humanos.
Generar normativa de uso de suelo para incentivar construcción que cumpla con los estándares necesarios para hacer frente a los impactos negativos generados por el cambio climático.
Articular con actores públicos y privados que consideren criterios de adaptación al cambio climático en lo que corresponde a procesos formales de asentamientos humanos.
Integrar criterios de eficiencia, multiescalaridad, multitemporalidad y transdisciplinariedad en la planificación territorial (urbana y rural), como alternativas de adaptación al cambio climático.
Implementar modelos de responsabilidad de uso de suelo en zonas de asentamientos humanos, que incrementen la capacidad adaptativa de la población frente a las amenazas hidrometeorológicas generadas por el cambio climático.
Integrar comités de protección civil en zonas de asentamientos humanos afectadas por eventos extremos generados por el cambio climático.
Institucionalizar e implementar sistemas cantonales de gestión de riesgos con enfoque en riesgos climáticos, que establezcan responsabilidades y espacios de coordinación y articulación entre actores gubernamentales y comunitarios en zonas de asentamientos humanos.

Tabla 9. Medidas de adaptación al cambio climático para abordar impactos sectoriales. Sector de asentamientos humanos
Fuente: Adaptado de Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador 2023-2027, MAATE, 2023

Desarrollar políticas integrales que garanticen seguridad y protección de los habitantes, en lo que corresponde a la formalidad de asentamientos humanos, como respuesta a los efectos adversos del cambio climático.

Generar lineamientos de política para el ordenamiento territorial, resiliente a los efectos del cambio climático

Involucrar la participación entre la administración local, universidades y centros de investigación, cuya información y conocimientos sobre adaptación al cambio climático puedan ser utilizados por especialistas a cargo de la toma de decisiones con respecto a asentamientos humanos

Contar con un organismo de control (ej. superintendencia de ordenamiento territorial) cuyo propósito consista en dar seguimiento y monitoreo a los asentamientos humanos, para que estos cumplan las normativas y los lineamientos de adaptación al cambio climático.

Desarrollar un diagnóstico de los riesgos climáticos en asentamientos informales ya establecidos ante eventos climáticos extremos.

Generar capacidades locales para la implementación de modelos de gestión de recursos con un enfoque de adaptación al cambio climático.

Capacitar a las poblaciones locales sobre el mal uso de suelo y las consecuencias asociadas a los eventos hidrometeorológicos y sus impactos negativos generados por el cambio climático.

Fortalecer el tejido social y la corresponsabilidad en las poblaciones locales, consolidando redes de solidaridad como estrategia de respuesta, recuperación y adaptación frente a desastres generados por el cambio climático.

Generar espacios de participación de poblaciones y personas poseedoras de conocimientos ancestrales, respecto al uso de suelo y asentamientos humanos, para desarrollar una planificación participativa frente a los escenarios de cambio climático y las medidas de adaptación.

Desarrollar mecanismos y estrategias para la incorporación de criterios de cambio climático en el ordenamiento territorial y la planificación urbana, tales como la incorporación de escenarios climáticos en los procesos de planificación del suelo.

Implementar estrategias para la incorporación del enfoque de derechos que aseguren la igualdad de oportunidades en el diseño e implementación de planes, programas y proyectos para la adaptación al cambio climático, de manera diferenciada para la población vulnerable.

Realizar procesos participativos, justos y concertados de relocalización de asentamientos en zonas con índices altos de riesgo climático.

Elaborar estrategias de desarrollo local y comunitario para fortalecer la capacidad adaptativa de los asentamientos humanos que se enfrentan a los impactos negativos generados por el cambio climático.

Realizar un mapeo y diagnóstico de las zonas de riesgo climático y su población afectada como base para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático.

Incentivar la inversión y creación de fondos para la prevención y desarrollo de sistemas integrales de medidas de adaptación para zonas de asentamientos humanos como respuesta a los impactos negativos del cambio climático.

ASENTAMIENTOS HUMANOS

Desarrollar estrategias, planes y proyectos para garantizar la resiliencia de las ciudades con respecto a su infraestructura, que garanticen su funcionamiento en caso de desastres climáticos.

Implementar mecanismos de apoyo y de financiamiento para infraestructura pública como alternativa al riesgo asociado a eventos hidroclimáticos.

Generar y difundir datos e información estadística sobre cambio climático y sus efectos en los asentamientos humanos, como base para alternativas de adaptación al cambio climático.

Elaborar un repositorio de evaluaciones de riesgo climático, medidas de adaptación y propuestas de ordenamiento territorial para los asentamientos humanos informales en zonas vulnerables frente al cambio climático.

Construir infraestructura natural o verde como medidas de adaptación frente a los impactos negativos que se pueden presentar en zonas de asentamientos humanos por el cambio climático.

Implementar medidas de manejo, conservación y restauración de páramos para incrementar la capacidad adaptativa de este ecosistema en beneficio de la población local como respuesta al cambio climático.

Restaurar taludes y vegetación riparia, en zonas de asentamientos humanos o cercanas a ellas, como medidas de adaptación para la reducción de los impactos negativos generados por los eventos hidrometeorológicos fuertes y extremos.

Implementar programas de arborización con especies nativas en espacios públicos, suelos públicos, otros espacios abiertos públicos y privados y en veredas, vías y parterres de las ciudades, para reducir los impactos a causa de fenómenos como olas de calor y lluvias intensas en ciudades.

Construir infraestructura inteligente y adaptativa dentro de las ciudades y en áreas circundantes como medida frente a eventos hidrometeorológicos fuertes y extremos generados por el cambio climático.

Implementar una estrategia nacional para la construcción y uso de infraestructura resiliente en los asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo como medida de adaptación frente a impactos negativos generados por el cambio climático.

Implementar instrumentos de adaptación al cambio climático en los servicios de saneamiento del ámbito urbano.

Implementar planes de manejo y gestión de quebradas en zonas de asentamientos urbanos, como medida de adaptación frente a la presencia de deslaves e inundaciones que son generados por eventos hidrometeorológicos extremos generados por el cambio climático.

Controlar la expansión urbana fuera de los polígonos de crecimiento establecidos, especialmente en zonas con alto riesgo frente al cambio climático.

Implementar planes de concientización locales, que integren temáticas de riesgo climático y sus medidas de adaptación para sensibilizar a la población sobre los impactos del cambio climático en los asentamientos humanos.

Implementar y articular con el sector público, privado, sociedad civil, comunidades y academia, estrategias de resiliencia urbana ante desastres climáticos y eventos extremos como: agricultura urbana, operaciones urbanas integrales, mejoramiento barrial integral, mejoramiento y arborización del espacio público, entre otros.

Desarrollar e implementar programas de mejoramiento de las condiciones de vida (trabajo, educación, salud), sobre todo de las poblaciones que se encuentran en zonas de asentamientos informales, para que cuenten con los suficientes recursos financieros y económicos para el fortalecimiento de su capacidad adaptativa y de esta manera enfrentar los eventos climáticos adversos.

Implementar planes de contingencia y recuperación de infraestructura de los asentamientos humanos, que permitan trabajar en los efectos económicos, sociales y ambientales, ocasionados por el cambio climático.

Delimitar áreas de crecimiento de los asentamientos humanos en función de las amenazas climáticas (principalmente deslaves e inundaciones), y de esta manera garantizar la seguridad de sus habitantes e infraestructura.

Ejecutar programas de uso eficiente del suelo urbano y de optimización del uso del suelo vacante dentro de áreas consolidadas, para evitar nuevos asentamientos humanos en zonas de alto riesgo frente a eventos hidrometeorológicos fuertes y extremos que generan impactos negativos.

Garantizar el acceso equitativo de la infraestructura de servicios básicos, a todo tipo de asentamientos humanos, con una planificación y ejecución que responda a las amenazas climáticas, la reducción de vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático y sus impactos negativos.

Implementar, mejorar y/o relocalizar infraestructura de los asentamientos, sobre todo informales, que se encuentran en mayor riesgo frente a eventos hidrometeorológicos fuertes y extremos.

Llevar a cabo acciones y obras de adaptación frente al cambio climático, en zonas de asentamiento informales que se encuentran en procesos de regularización.

Implementar actividades de mantenimiento preventivo y limpieza de sistemas de infraestructura multipropósito como alternativa de adaptación, a los impactos negativos generados por eventos hidrometeorológicos fuertes y extremos que pueden afectar la infraestructura social y comunitaria de las poblaciones.

ASENTAMIENTO HUMANOS

Implementar sistemas de alerta temprana en zonas de alto riesgo, ante la presencia de eventos extremos originados por el cambio climático y que pueden dar lugar a inundaciones o deslaves que afecten a la población y su infraestructura.

Implementar Infraestructura hidráulica mayor para uso multisectorial en cuencas vulnerables ante los efectos del cambio climático y con altos niveles de riesgo climático.

Implementar rejillas, canales y otras infraestructuras para atender el abastecimiento y el drenaje de agua, en áreas afectadas por los impactos de las amenazas climáticas y en zonas de alto riesgo climático.

Implementar sistemas de alerta meteorológica temprana en las cuencas con altos niveles de riesgo climático.

Implementar servicios de información para la planificación y la gestión multisectorial de los recursos hídricos en cuencas vulnerables ante los efectos del cambio climático y con altos niveles de riesgo climático.

Implementar tecnologías de ahorro de agua en ámbitos urbanos para garantizar el acceso a agua segura bajo condiciones climáticas actuales y futuras.

Implementar Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones, sequías, aluviones y peligros de origen glaciar en cuencas vulnerables al cambio climático, considerando el clima actual y los escenarios futuros proyectados.

Implementar monitoreo y vigilancia de la calidad de agua superficial en cuencas vulnerables ante los efectos del cambio climático y con altos niveles de riesgo climático.

Aprovechar eficientemente la energía hidroeléctrica en cuencas vulnerables al cambio climático y con altos niveles de riesgo climático.

Tabla 10. Medidas de adaptación provenientes de iniciativas, programas y proyectos implementadas en el país, información secundaria e instrumentos de política pública; y metodología para la identificación de medidas de adaptación en territorio⁷. Fuente: Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Ecuador 2023-2027, MAATE, 2023.

⁷ [Para mayor información sobre riesgos y amenazas asociadas al cambio climático puede visitar la Plataforma web S-PRACC del MAATE.](#)

DISEÑO EDITORIAL

LETRA SABIA Servicios Editoriales

Diseño y diagramación: Amira Andrade

Fotografías: MTOP, Sebastián Arias y A&V Consultores

DESCARGO

El contenido del presente documento representa la opinión de los autores, pero no necesariamente la posición de las organizaciones participantes en su financiación ni publicación.

ISBN

978-9942-7126-1-5

Segunda Edición, 2023

© Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Calle Juan León Mera N26220 y Av. Francisco de Orellana.
Código Postal: 170516 / QuitoEcuador

www.obraspublicas.gob.ec

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

PROHIBIDA SU VENTA



Ministerio de
Transporte y
Obras Públicas



Financiado por
la Unión Europea





@ObrasPublicasEcuador



@obraspublicas_ec



@ObrasPublicasEc

Ministerio de Transporte
y Obras Públicas



República
del Ecuador