

CONAMA LOCAL VILADECANS 2025

Encuentro de Pueblos y Ciudades por la Sostenibilidad



Inventarios municipales de GEI: una base para la acción climática en Cataluña

Primera parte:
Sector Transporte y Residuos



Edita: Fundación Conama

Año: 2025



Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Macarena Antonucci Hidalgo. PhD Student. Instituto de Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Otros Autores: Olga Alcaraz Sendra. Profesora. Instituto de Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Boris Lazzarini. Profesor. Instituto de Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad de la Universitat Politècnica de Catalunya.



Índice

1. Resumen	1
2. Introducción.....	2
3. Metodología	4
4. Resultados	5
4.1. Inventarios de emisiones de GEI a escala local y selección de método principal para el diseño del inventario municipal	5
4.1.1. Identificación y evolución de los principales marcos metodológicos para el diseño de inventarios de GEI	5
4.1.2. Diferencias conceptuales: inventarios y factores de emisión.....	7
4.1.3. Métodos de referencia seleccionados para el diseño del inventario municipal y marco de reporte de emisiones	9
4.2. Sector Transporte	10
4.2.1. Método, datos de actividad y factores de emisión seleccionados	10
4.2.2. Cálculo preliminar de emisiones del municipio de Rubí	12
4.3. Sector Residuos.....	13
4.3.1. Método, datos de actividad y factores de emisión seleccionados	13
5. Discusión	17
6. Conclusiones.....	18
7. Agradecimientos	20
8. Bibliografía.....	21

1. Resumen

El cambio climático representa uno de los principales desafíos globales, pero afrontarlo requiere acciones efectivas adaptadas a las necesidades y capacidades de cada territorio. Los gobiernos locales son actores clave para impulsar la acción climática y avanzar hacia ciudades neutras en carbono, resilientes y sostenibles. Sin embargo, persisten vacíos metodológicos y operativos en los inventarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) disponibles para los municipios: la heterogeneidad en la calidad y resolución de los datos en sectores críticos como residuos, transporte o edificación; la falta de metodologías consensuadas para desagregar emisiones a escala municipal; y la dificultad para vincular los diagnósticos cuantitativos con marcos de actuación política claros y evaluables. Estas limitaciones dificultan la identificación de los principales focos emisores y la priorización de medidas que sean a la vez coste-eficientes y socialmente equitativas.

Se plantea abordar estas limitaciones mediante el diseño y validación de una nueva herramienta de cálculo de emisiones, inexistente hasta ahora en el contexto catalán, destinada a las administraciones locales y concebida como apoyo en el diseño, seguimiento y evaluación de políticas de reducción de emisiones. Para el desarrollo de esta herramienta se llevó a cabo un estudio orientado a definir y validar una metodología adaptada al contexto territorial de los municipios de Cataluña, que incorpora criterios de consistencia, aplicabilidad y equidad territorial.

Esta metodología constituye la base técnica de la herramienta propuesta y, en su primera fase, se centró en los sectores de transporte y residuos, seleccionados por su relevancia, la capacidad de incidencia de los municipios y la disponibilidad de información. La propuesta se fundamenta en el enfoque de ciudad del Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (GPC), complementado con marcos internacionales (ISO 14064, GHG Protocol) y guías elaboradas a nivel nacional (MITECO) y regional (Oficina Catalana del Canvi Climàtic).

El proceso incluyó la identificación y evaluación sistemática de las fuentes de datos de actividad y factores de emisión, el análisis de su calidad y nivel de agregación, y la validación del marco metodológico junto a actores clave del territorio, como el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y el Ayuntamiento de Rubí. Posteriormente, la metodología del sector transporte se aplicó al municipio de Rubí, donde, mediante el uso de las fuentes de datos municipales disponibles y herramientas de análisis en R-Studio, se mejoró la precisión del inventario y su utilidad como instrumento de planificación energética y climática local. Finalmente, se identificaron tanto las fortalezas como las limitaciones para la implementación de un inventario municipal de emisiones en los sectores de transporte y residuos, se definieron los requisitos y las brechas existentes, y se elaboraron recomendaciones sectoriales derivadas de estos resultados.

La propuesta avanza hacia una metodología y una herramienta operativa capaces de traducir la planificación climática local en un proceso más riguroso, comparable y orientado a la acción, fortaleciendo la capacidad de los municipios para alcanzar la neutralidad en carbono.

El estudio se inició en el marco del Trabajo Final de Máster (TFM) del Máster de Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad (2023-2025) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). La investigación se ha continuado y profundizado en el marco del Doctorado en Sostenibilidad (2025-2029) de la misma universidad, por lo que los resultados presentados consideran los hallazgos del TFM como los avances de la investigación durante el doctorado hasta la fecha.

2. Introducción

De acuerdo con el Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2023) el cambio climático es inequívocamente causado por las actividades humanas, principalmente por las emisiones de GEI, lo que ha provocado un aumento de 1,1 °C en la temperatura media global entre 2011 y 2020 respecto a los niveles preindustriales (IPCC, 2021). Este fenómeno está generando alteraciones profundas en el sistema climático, manifestadas en eventos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos, afectando tanto a los ecosistemas naturales como a las poblaciones humanas.

Como una medida para enfrentar este desafío, la comunidad internacional adoptó en 2015 el Acuerdo de París, un tratado jurídicamente vinculante en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo es mantener el aumento de la temperatura global, respecto a la época preindustrial, muy por debajo de los 2 °C e idealmente limitarlo a 1,5 °C (CMNUCC, 2015). Para alcanzar dicha meta, los países firmantes se comprometieron a establecer y actualizar contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), así como a fortalecer sus estrategias de adaptación y resiliencia climática.

En el contexto europeo, el Acuerdo de París se traduce en el Pacto Verde Europeo (European Green Deal) y en el marco legislativo del paquete Objetivo 55 (Fit for 55), que establece una reducción de al menos el 55 % de las emisiones de GEI para el año 2030, respecto a los niveles de 1990 (Unión Europea, 2021). A nivel estatal, España ha desarrollado su Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021–2030 (PNIEC) y la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (Ley 7/2021), los cuales recogen las metas nacionales de mitigación y adaptación, e incorporan instrumentos para su implementación a escala territorial. En el caso de Cataluña, el marco estratégico lo proporciona la Ley de Cambio Climático (Ley 16/2017), la cual impulsa las políticas coordinadas a escala regional y local, reconociendo la importancia de los gobiernos locales como agentes claves en la lucha contra el cambio climático.

En este escenario, las ciudades y gobiernos locales adquieren un rol importante en la acción climática. De acuerdo con ONU-Habitat, las ciudades consumen el 78% de la energía mundial y producen más del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Todo esto convierte a las ciudades en protagonistas tanto del problema como de la solución (Organización de las Naciones Unidas, 2020). Sin embargo, muchas de las políticas climáticas se diseñan desde una perspectiva global o nacional, lo que puede dificultar su aplicación a escala local. Como advierte el IPCC (2022), las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático que no consideran las condiciones territoriales específicas pueden amplificar las desigualdades sociales existentes, ya que los grupos más vulnerables tienden a enfrentar los impactos con menor capacidad de respuesta.



Para avanzar en una acción climática efectiva a nivel local, es necesario contar con marcos y herramientas que orienten a los municipios en cada etapa del proceso. El City Journey, impulsado por el Global Covenant of Mayors for Climate and Energy (GCoM), propone una hoja de ruta dirigida a los gobiernos locales que considera desde la evaluación inicial hasta la implementación y seguimiento de medidas. Uno de los primeros pasos es la elaboración de un inventario de emisiones de GEI, el cual establece una línea base que permite definir objetivos de reducción y diseñar políticas alineadas a las necesidades de los territorios.

En Cataluña, a pesar de que existen avances en la promoción de la acción climática, como el Programa de Acuerdos Voluntarios para la reducción de CO₂ y la elaboración de guías para el cálculo de las emisiones de GEI por parte de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC), continua la necesidad de contar con metodologías e instrumentos que incorporen un enfoque territorial más sólido y adaptado a escala municipal.

También la falta de datos desagregados representa una limitación importante, ya que hace más difícil a las administraciones municipales elaborar inventarios que sean útiles para su propia planificación climática y, que, a la vez, sean coherentes con los compromisos nacionales e internacionales. La elaboración de inventarios de emisiones con enfoque local no solo es un paso técnico clave, sino también una herramienta estratégica para la gobernanza climática y la justicia territorial.

Por todo lo expuesto, esta investigación parte de la hipótesis de que adaptar las metodologías de cuantificación de emisiones a la escala y realidad de los municipios catalanes, incorporando datos locales y criterios territoriales, permite mejorar la precisión de los inventarios, facilitar la toma de decisiones informadas y contribuir de manera más efectiva a los objetivos de mitigación climática y justicia territorial.



3. Metodología

Método:

La metodología adoptada para el desarrollo del estudio se presenta a continuación:

1. Revisión documental y análisis del estado del arte: recopilación y estudio de metodologías de contabilización de emisiones de GEI aplicadas en contextos territoriales locales, a escala nacional e internacional.
2. Evaluación de la aplicación de las metodologías en los sectores seleccionados: análisis de los enfoques metodológicos identificados y aplicados a los sectores de transporte y residuos, identificando sus supuestos, requerimientos de datos y compatibilidad con el contexto municipal catalán.
3. Análisis de datos y fuentes de información disponibles: identificación, sistematización y evaluación de la información disponible a escala municipal en Cataluña, con especial atención al caso del municipio de Rubí. Esto incluye el uso de la herramienta R-Studio para el tratamiento, exploración y análisis de bases de datos de gran volumen, lo que permitirá evaluar su aplicabilidad y consistencia con las metodologías estudiadas.
4. Validación del marco metodológico: esto se realizará a través de consultas a actores claves y la aplicación, cuando sea posible, de la metodología propuesta al municipio de Rubí. La incorporación de la perspectiva de actores institucionales claves, como el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y el Ayuntamiento de Rubí, se realizará a través de entrevistas no estructuradas.
5. Formulación de la propuesta metodológica final: diseño de un marco metodológico ajustado a la realidad territorial de los municipios de Cataluña. Esta fase incluye la identificación de desafíos de su aplicación y la elaboración de recomendaciones para su implementación y mejora continua.

Alcance de la investigación:

Debido a la amplitud y complejidad de los distintos sectores que suele abordar un inventario de emisiones, se decidió dividir y comenzar abordando en esta primera etapa los sectores de transporte y residuos.

Respecto a la selección de los sectores de transporte y residuos, esto se basó principalmente en la relevancia en términos de emisiones y en la capacidad de los gobiernos locales para incidir en ellos mediante políticas públicas. Según el Informe de emisiones de gases de efecto invernadero por sectores en Cataluña de la Oficina Catalana del Cambio Climático (OCCC, 2024), el transporte representa aproximadamente el 32 % de las emisiones territoriales, estableciéndose como el sector difuso más difícil de mitigar. En línea con lo señalado por el IPCC en su Sexto Informe de Evaluación (2022), señala que las políticas locales de planificación urbana sostenible podrían reducir hasta un



25% el consumo de combustible relacionado al transporte urbano, destacando el papel estratégico que tienen los gobiernos locales en la transformación de este sector.

Por otro lado, aunque la contribución a las emisiones del sector residuos es menor, representando en torno al 5,2 % de las emisiones de GEI del año 2024 en Cataluña según la OCCC, su gobernanza es principalmente local según el mismo informe. Esto convierte al sector de residuos en uno de alta relevancia para la acción climática municipal. Esta priorización también se encuentra alineado con las orientaciones del Pacto de los Alcaldes por el Clima y la Energía (Covenant of Mayors Office, 2022), que recomienda centrar la acción en aquellos sectores donde las autoridades poseen competencias directas o compartidas, especialmente en transporte urbano sostenible y gestión eficiente de residuos.

4. Resultados

4.1. Inventarios de emisiones de GEI a escala local y selección de método principal para el diseño del inventario municipal

En esta sección se presentarán los resultados de la investigación y análisis de los principales marcos metodológicos para el diseño de inventarios de GEI dirigidos a gobiernos y administraciones locales. Además, se profundizará en las diferencias conceptuales que existen entre los distintos enfoques de contabilización de emisiones y el método seleccionado para este estudio.

4.1.1. Identificación y evolución de los principales marcos metodológicos para el diseño de inventarios de GEI

A partir de la revisión documental y el análisis del estado del arte, se identificaron las principales metodologías de referencia utilizadas en el desarrollo de inventarios, tanto a nivel nacional como internacional. La **Figura 1** presenta una síntesis de la evolución de las metodologías y de los marcos normativos con enfoque territorial, utilizadas como referencia para el diseño de inventarios de GEI en distintas escalas, junto con las organizaciones que los han promovido.

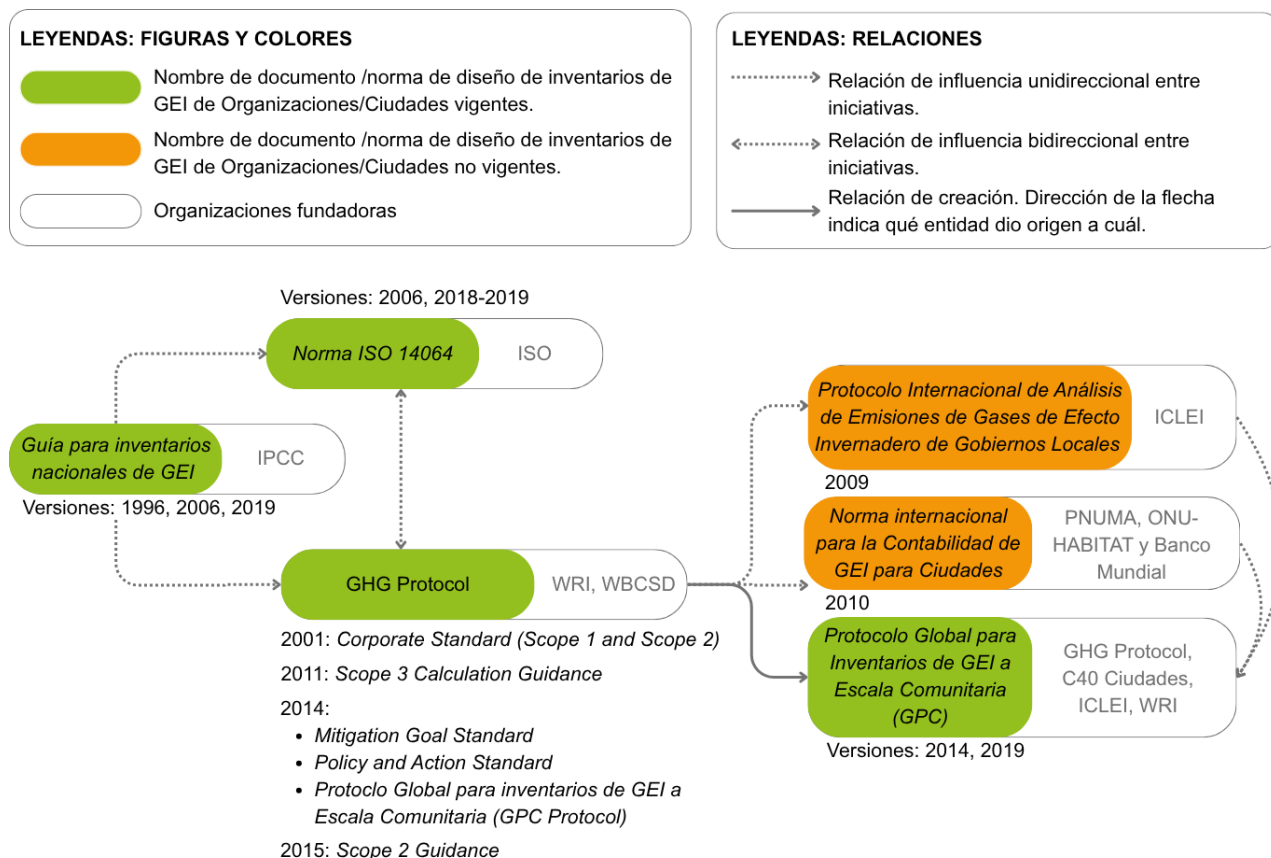


Figura 1. Documentos y normas para el diseño de inventarios

Fuente: Elaboración propia.

La Guía para inventarios nacionales de GEI del IPCC, publicada en 1996, es una de las primeras directrices para los inventarios de GEI. Es en el año 2015 que se firma el Acuerdo de París, el cual marcó un punto importante en la gobernanza climática internacional, al establecer por primera vez un tratado jurídicamente vinculante que compromete a los Estados a adoptar medidas concretas para reducir las emisiones de GEI y fortalecer la resiliencia frente al cambio climático. A raíz de este acuerdo, el IPCC actualizó en 2019 sus Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Estas directrices son el marco de referencia utilizado por los países, incluidos los Estados miembros de la Unión Europea, para elaborar sus inventarios nacionales y reportes oficiales ante la ONU.

Otra de las metodologías más conocidas es la del GHG Protocol, una iniciativa conjunta del World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), que desde principios de los 2000 ha proporcionado estándares que han sido internacionalmente aceptados y utilizados, principalmente por empresas y organizaciones, para medir, gestionar y reportar emisiones de GEI. Su primera versión oficial fue el GHG Protocol: Corporate Accounting and Reporting Standard publicada en 2001.

Posteriormente, en el 2006, se publicó otra de las metodologías más utilizadas a nivel mundial: la norma ISO 14064, desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Ambas



metodologías comparten principios alineados con las directrices del IPCC, y han contribuido a la consolidación de estándares internacionales para la cuantificación y reporte de emisiones.

Ante la creciente necesidad de contar con marcos metodológicos específicos para los gobiernos locales, el GHG Protocol, en colaboración con el Local Governments for Sustainability (ICLEI), C40 Cities y el propio WRI, impulsó el desarrollo de una metodología adaptada a escala local: el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (2021), cuya primera versión fue publicada en 2014. En dicho documento se establece que el GPC reemplazará las disposiciones relacionadas con las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel comunitario del Protocolo Internacional de Análisis de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Gobiernos Locales (IEAP por sus siglas en inglés) desarrollado por ICLEI, y a la Norma Internacional para la Contabilidad de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Ciudades (ISDGC, por sus siglas en inglés) desarrollada por el Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y ONU-HABITAT.

4.1.2. Diferencias conceptuales: inventarios y factores de emisión

A partir de la sistematización de las metodologías e iniciativas de cuantificación de emisiones locales, se identifican tres tipos de inventarios con distintos enfoques: i) inventario de emisiones territorial ii) inventario de emisiones ciudad e iii) inventario para organizaciones o actividad.

Respecto a los factores de emisión, se identifican dos enfoques:

- Enfoque ciclo de vida: toman en cuenta todas las emisiones asociadas a un producto o actividad. Esto implica que no solo se consideran las emisiones que se producen de forma inmediata, sino también aquellas que surgen de forma indirecta a lo largo de toda la cadena de suministro. Incluye fases como la extracción de las materias primas, su transformación, el transporte, la utilización y la eliminación final.
- Enfoque operacional: considera solo las emisiones directas que se generan durante la operación de una instalación, maquinaria o actividad, sin considerar etapas anteriores o posteriores al uso. Este enfoque se centra en lo que está bajo el control directo de la organización.

A continuación, el **Cuadro 1** presenta un resumen de las principales características de los tipos de inventarios identificados:



Cuadro 1. Tipologías de inventarios y sus características principales.

Fuente: Elaboración propia.

	Inventario emisiones territorial	Inventario emisiones ciudad	Inventario para organizaciones o actividad
Alcance de emisiones	Actividades emisoras dentro de los límites geográficos de un municipio, región o país.	Emisiones de GEI atribuibles a las actividades que tienen lugar dentro de los límites geográficos de la ciudad.	Actividades propias de una organización: incluye emisiones directas e indirectas asociadas a su funcionamiento.
Marco de referencia	Guías del IPCC para inventarios nacionales; GPC enfoque territorial.	GPC enfoque ciudad.	Norma ISO 14064; GHG Protocol – Corporate Accounting Standards.
Tipo factor emisión	Operacional	Operacional	Ciclo de vida

Los inventarios de emisiones con enfoque territorial cuantifican solo las emisiones asociadas a las actividades que ocurren dentro de los límites geográficos de un municipio, región o país. Por lo tanto, este tipo de inventario contabiliza solo las emisiones directas (enfoque operacional) asociadas a las fuentes de emisión ubicadas dentro de dichos límites (alcance 1). Esto conlleva a que se contabilicen emisiones generadas por actividades realizadas fuera del territorio; por ejemplo, se incluirían las emisiones de residuos generados en otro municipio pero que son tratados o dispuestos dentro del área geográfica definida para el inventario.

A diferencia de los inventarios territoriales, los inventarios de emisiones con un enfoque de ciudad consideran solo las emisiones de GEI atribuibles a las actividades que tienen lugar dentro de los límites geográficos. Es decir, en estos inventarios se contabilizan las emisiones asociadas a los residuos generados por los ciudadanos de la ciudad que son tratados tanto dentro de los límites geográficos (alcance 1) como fuera de los límites geográficos (alcance 3), pero no se considerarían aquellos residuos generados por otros municipios que se gestionan en la ciudad.

Por otro lado, los inventarios para organizaciones adoptan el enfoque de huella de carbono, por lo que cuantifican las emisiones de GEI asociadas a las actividades propias de una organización, lo cual incluye tanto las emisiones directas como indirectas a su funcionamiento. La metodología de referencia más utilizada para estos inventarios son la norma ISO 14064 y la versión corporativa del GHG Protocol.

4.1.3. Métodos de referencia seleccionados para el diseño del inventario municipal y marco de reporte de emisiones

A partir del análisis de antecedentes elaborado, y considerando los objetivos planteados en esta investigación, se concluye que el enfoque y metodología más adecuada para el diseño del inventario de emisiones municipales es el enfoque ciudad y el GPC respectivamente.

En aquellos casos en los que la guía del GPC no proporcione directrices específicas sobre determinados aspectos, se considerará como segunda fuente de consulta la guía elaborada por la OCCC, dado su origen y adaptación al contexto catalán. Finalmente, en ausencia de directrices aplicables en ambas fuentes citadas, se recurrirá a los métodos propuestos por el IPCC.

Respecto al reporte de las emisiones, el **Figura 1** presenta los marcos de reporte de emisiones propuestos por el GPC (BÁSICO, BÁSICO+) y también señala las emisiones que serían consideradas bajo el enfoque territorial y ciudad. En esta primera etapa de la elaboración del inventario municipal, se selecciona el marco de reporte BÁSICO.

Protocolo GPC

Enfoque ciudad

		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3
Energía estacionaria	Uso de energía	Básico	Básico	Básico+
	Generación de energía suministrada a la red			
Transport		Básico	Básico	Básico+
Residuos	Generados en la ciudad	Básico		Básico
	Generados fuera de la ciudad			
Procesos industriales y usos de productos		Básico+		
Agrícola, forestal y otros usos de suelo		Básico+		

Territorial

Figura 1. Resumen de emisiones de GEI

Fuente: Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC). Diseño de elaboración propia.

4.2. Sector Transporte

4.2.1. Método, datos de actividad y factores de emisión seleccionados

Para el sector transporte, el GPC identifica los siguientes subsectores: por carretera; ferroviario; navegación marítima, fluvial y lacustre; aviación; y fuera de carretera

En base a la información disponible, se decide realizar el cálculo para el subsector de transporte por carretera. El método seleccionado para el cálculo de las emisiones de este subsector fue el método de actividad residente del GPC. De acuerdo con lo definido por el GPC, el método de actividad residente cuantifica las emisiones provenientes de la actividad de transporte llevadas a cabo solo por los residentes de la ciudad.

En el **Cuadro 2** se presenta la información disponible y sus respectivas fuentes de información para el cálculo de las emisiones en base al método seleccionado.

Cuadro 2. Método Actividad Residente.

Fuente: Elaboración propia.

Metodología	Información requerida	Fuentes de información	Agregación de datos ¹
Método de actividad residente (Fuente: GPC)	Padrón de vehículos municipales.		Municipal
	Consumo eléctrico por kilómetros recorridos	Microdatos de parque de vehículos anual (DGT, 2024)	Vehículo
	Tasa de emisión de CO ₂ equivalente por kilómetro recorrido.		Vehículo
	Kilómetros recorridos anual por tipo de vehículo	<i>Kilómetros anualizados recorridos por el parque móvil</i> (DGT, 2022)	Tipo de vehículo

A continuación, en la **Figura 2** se señalan las principales variables y sus respectivas unidades a utilizar para el cálculo de las emisiones a nivel municipal. Las variables de kilómetros recorridos y las emisiones totales anuales de CO₂ equivalentes (cuadros en color verde) se obtienen del cruce de información de las dos bases de datos utilizadas de la DGT.

¹ El nivel de agregación de los datos refleja cómo se encuentran los datos actualmente disponibles obtenidos de las fuentes de información citadas.

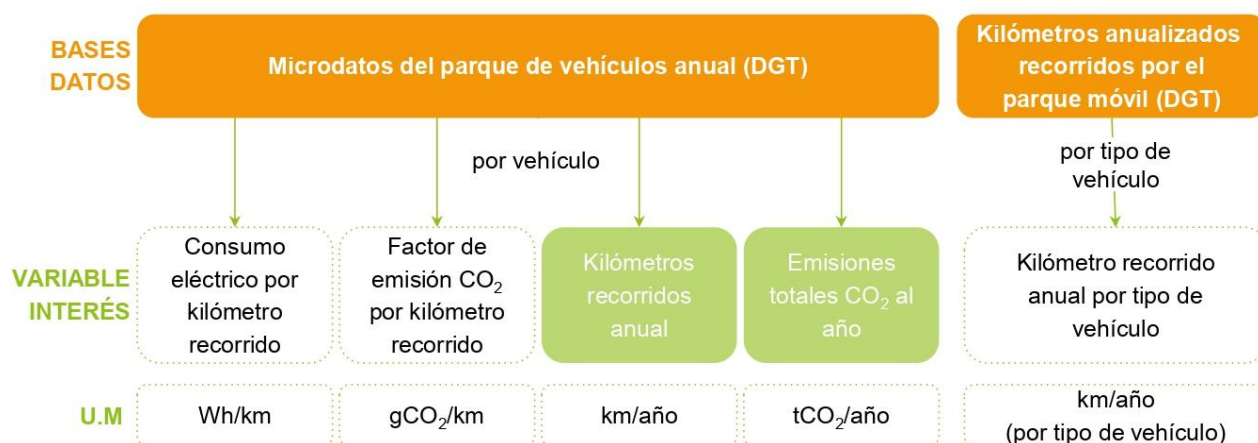


Figura 2. Variables seleccionadas para el cálculo de emisiones de GEI.

Fuente: Elaboración propia.

Debido a las características, el análisis y tratamiento de los datos disponibles, es posible la aplicación del método a los siguientes tipos de vehículos: TURISMOS y MOTOCICLETAS.

Además, los vehículos fueron clasificados en dos categorías: no eléctricos y eléctricos. De éstos últimos, existen cuatro tipos de vehículos eléctricos: Autonomía Extendida (REEV), Híbrido Enchufable (PHEV), Híbrido (HEV) y Batería (BEV).

A continuación, se señalan las ecuaciones utilizadas para el cálculo de emisiones por alcance:

Ecuación 1: Emisiones Alcance 1 (no eléctricos y eléctricos)

$$\text{Emisiones Totales (Alcance 1)} = \text{dato de actividad} \times \text{factor de emisión}$$

$$\text{Emisiones CO}_2 \text{ A1} = \text{kilómetros recorridos} \times \text{factor emisión CO}_2$$

$$\text{kgCO}_2 / \text{año} = (\text{km/año}) \times (\text{kgCO}_2 \text{eq/km})$$

Ecuación 2: Emisiones Alcance 2 (eléctricos)

$$\text{Emisiones Totales (Alcance 2)} = \text{dato de actividad} \times \text{factor de emisión}$$

$$\begin{aligned} &\text{Emisiones CO}_2 \text{ A2} \\ &= \text{kilómetros recorridos} \times \text{Consumo energía eléctrica} \times \text{Factor red eléctrica} \end{aligned}$$

$$\text{kgCO}_2 / \text{año} = (\text{km/año}) \times (\text{kWh/km}) \times (\text{kgCO}_2 / \text{kWh})$$

Por último, es importante destacar que, en colaboración con el Ayuntamiento de Rubí, se avanzó en la solicitud a la DGT del acceso a los kilometrajes anuales reales por vehículo provenientes de las Inspecciones Técnicas de Vehículos (ITV), lo cual permitiría ajustar mejor las estimaciones al contexto municipal.

4.2.2. Cálculo preliminar de emisiones del municipio de Rubí

En Rubí se encuentran matriculados aproximadamente un total de 54.000 vehículos de acuerdo con la información proveniente de los Microdatos del parque de vehículos anual (DGT, 2023) de los cuales, alrededor de un 95% son vehículos que no son eléctricos.

De acuerdo con lo señalado en el punto anterior, y con el objetivo de aplicar el método propuesto al municipio de Rubí para evaluar el método propuesto, se calculan las emisiones de los tipos de transporte de TURISMOS y MOTOCICLETAS, los cuales representan un 81% aproximadamente del total de vehículos matriculados en Rubí el año 2022.

En relación con la información disponible de estos vehículos, existe una mayor falta de información asociada a los vehículos no eléctricos, ya que aproximadamente el 50 % de estos registros no disponen de información del factor de emisión y/o los kilómetros recorridos. En el caso de los vehículos eléctricos, se observa que aproximadamente el 12 % de los registros no dispone de los datos necesarios para el cálculo de las emisiones de alcance 1, mientras que cerca del 6 % carece de información para estimar las emisiones de alcance 2. Para realizar la estimación de los datos no disponibles, primero se realiza una estimación del promedio de emisiones de GEI por tipo de vehículo (ver **Figura 3**).

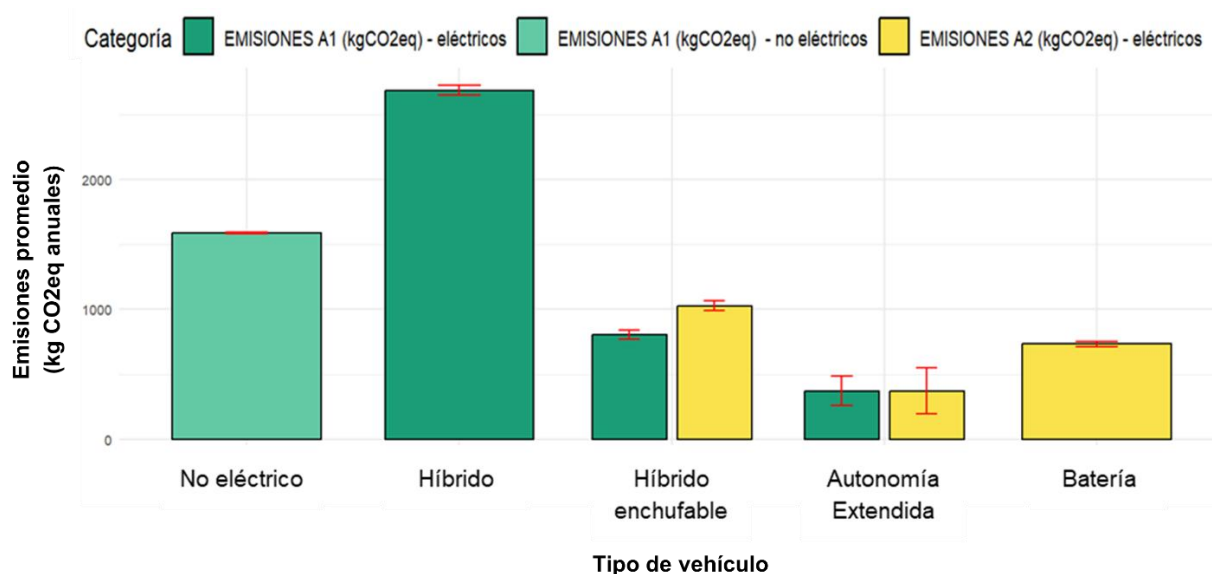


Figura 3. Emisiones de GEI promedio por tipo de vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

De la **Figura 3** se destaca a los vehículos híbridos como los tipos de vehículos que, en promedio, más emiten al año, lo cual se debe principalmente a una mayor tasa de uso de este tipo de vehículos. Además, los vehículos de autonomía extendida son los que menos emisiones generan al año en promedio, aunque presentan una mayor dispersión en los datos. Esto último se explica principalmente porque solo se identificaron 3 vehículos de este tipo en Rubí. No obstante, se sugiere profundizar en factores sociodemográficos y patrones de uso que podrían estar incidiendo en este resultado, dada la baja representación de estos vehículos en la flota total (menos del 5 %).

Para obtener el total de emisiones del sector transporte por carretera, se asignaron a los vehículos sin información las emisiones promedio anual por tipo de vehículos (no eléctrico, híbrido, híbrido enchufable, autonomía extendida, batería) y por alcance (alcance 1, alcance 2). Los resultados del cálculo de las emisiones totales se presentan en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Emisiones totales municipio Rubí.

Fuente: Elaboración propia.

Alcance	Emisiones tCO ₂ eq
Alcance 1 (A1)	70727
Alcance 2 (A2)	412
Emisiones Totales (A1+A2)	71140

4.3. Sector Residuos

4.3.1. Método, datos de actividad y factores de emisión seleccionados

De acuerdo con lo definido en la guía del GPC, las ciudades producen residuos sólidos y aguas residuales (denominado en conjunto “residuos”). Respecto a los residuos sólidos, se consideran los siguientes tipos de residuos: residuos sólidos urbanos o municipales, lodos, residuos industriales y otros residuos: residuos clínicos y residuos peligrosos.

En cuanto a la disposición de los residuos, estos pueden ser dispuestos y/o tratados en las instalaciones que se encuentran dentro de los límites de la ciudad o transportados a otras ciudades para su tratamiento.

En línea a lo expuesto anteriormente, el GPC define los siguientes subsectores:

- Disposición de desechos sólidos en vertederos o basurales, incluida la eliminación en un sitio no regulado, la eliminación en un vertedero regulado o la eliminación en un vertedero sanitario
- Tratamiento biológico de residuos sólidos
- Incineración y quema a cielo abierto
- Tratamiento y vertido de aguas residuales

En línea con el enfoque ciudad y el reporte BÁSICO definido por el GPC para el sector residuos, las emisiones que se contabilizarán son aquellas generadas dentro de los límites geográficos del municipio y que son tratados: dentro de la ciudad (Alcance 1) y fuera de la ciudad (Alcance 2).



En base al análisis de los métodos propuestos por el GPC para la contabilización de las emisiones de este sector y las características de las fuentes disponibles: se definieron las categorías de los residuos de los municipios de Cataluña, se definió la **Ecuación 3** y fuentes de información a utilizar para la contabilización de las emisiones municipales (ver **Cuadro 4**).

Ecuación 3: Emisiones totales del sector de residuos

Emisiones GEI (tCO₂equivalente) = Variable de actividad (VA) × Factor de emisión (FE)

Cuadro 4. Variables y fuentes de información para el cálculo de emisiones de GEI del sector residuos.
Fuente: Elaboración propia.

Categoría de residuos	Variables	Fuente de información	Agregación de datos
Residuos municipales	Cantidad de residuos dispuestos	Estadísticas de residuos municipales (Agència de Residus de Catalunya - ARC)	Municipal
	Factor de emisión	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas de la gestión de los residuos municipales (OCCC, 2024)	
Residuos industriales	Cantidad de residuos generados y dispuestos	Estadísticas de residuos industriales (Agència de Residus de Catalunya - ARC)	Municipal
	Factor de emisión	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas de la gestión de los residuos municipales (OCCC, Anexo 3)	
Lodos (EDAR)	Cantidad de residuos tratados	Estadísticas de lodos EDAR (Agència de Residus de Catalunya - ARC)	Municipal
	Factor de emisión	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas de la gestión de los residuos municipales (OCCC, Anexo 3)	
Agua suministrada	Cantidad de agua suministrada	Agència Catalana del Agua (ACA)	Municipal
	Factor de emisión	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas del ciclo del agua de las redes urbanas de Cataluña (OCCC, 2015).	



A continuación, se presentan los principales resultados y recomendaciones derivados del análisis de los datos de actividad, los cuales deben considerarse para la cuantificación de las emisiones a escala municipal:

- **Tipos de disposición final:** Es importante destacar que solo se deben considerar el volumen de residuos dispuestos en incineración, disposición controlada, depuradoras fisicoquímico-biológica y otros. Las emisiones provenientes de los tipos de tratamientos de valorización, subproducto y almacenamiento se deben contabilizar en otros sectores.
- **Residuos industriales (RI):** Una de las categorías del Catálogo Europeo de Residuos (CER) es “Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas de manera selectiva”; por lo tanto, estas cantidades deben restarse del total de RI para evitar una doble contabilidad.
- **Lodos (EDAR):** La información proviene de la disposición final de los lodos de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales. Si bien los datos se encuentran a nivel municipal, el volumen de lodos tratados se asigna al municipio en el que se realizó el tratamiento. Por lo tanto, se recomienda realizar una estimación del volumen de lodos generados por cada m³ de agua suministrada (consumida) para la asignación de los lodos generados por municipio y el posterior cálculo de emisiones.

A continuación, se presentan los principales resultados y recomendaciones derivados del análisis de los factores de emisión, los cuales deben considerarse para la cuantificación de las emisiones a escala municipal:

Cuadro 5. Factores de emisión sector residuos.
Fuente: Elaboración propia.

Categoría de residuos	Factor	Fuente de información	Observaciones
Residuos municipales (RSU)	Factor de residuos recolectados a través de recogida selectiva: materia orgánica (FORM), vidrio, envases ligeros y papel/cartón.	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas de la gestión de los residuos municipales (OCCC, 2024)	Se debe considerar los factores asociados solo a las actividades realizadas en las plantas de tratamiento ² .
	Factor de residuos recolectados a través de recogida selectiva: RESTA		
	Factor de residuos que no fueron recolectados a través de recogida selectiva.		Estos residuos son asimilables, en cuanto a su gestión, a la fracción RESTO. Se utiliza el mismo factor.

² No se debe considerar el factor de emisión asociado a recogida y transporte, ya que estas emisiones se encuentran incluidas en el sector “Transporte”. Tampoco se deben considerar el factor de las plantas de recuperación, ya que se considera el consumo eléctrico y este se reporta en el sector industria.



	Factor de otros RSU recolectados selectivamente ³ .	No se identificaron factores específicos para estos residuos en esta primera etapa del estudio.	Se recomienda utilizar el factor “Residuo general” – (OCCC, 2024).
Residuos industriales	Factores de emisión desagregados: por fracciones de residuos y tipos de tratamiento		
	Factores de emisión agregados: por categorías de residuos (son las mismas que las fracciones de residuos).	Anexo 3 – Guía para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero GEI (Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2024)	Se considera que estos factores son válidos para las organizaciones que no tienen que presentar la DARI anualmente.
	Factores de emisión para las categorías 3 (residuos ácidos, alcalinos o salinos - peligrosos) y 4 (aceites usados - peligrosos).		Se recomienda el uso de un factor de otra categoría: 6. Residuos químicos - peligrosos ⁴ .
Lodos (EDAR)	Factor de emisión de los lodos asociadas a las emisiones de los procesos al interior de las EDAR	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas del ciclo del agua de las redes urbanas de Cataluña (OCCC, 2015).	No hay que considerar las emisiones asociadas al consumo eléctrico ⁵ .
	Factor de emisión de los lodos asociados a los post-tratamiento: de compostaje y secado térmico.		Anexo 3.
	Factores de emisión de los lodos asociados a la disposición en depósitos controlados.	No se identificaron factores específicos para estos residuos en esta primera etapa del estudio.	
Agua suministrada	Factor de emisión de agua suministrada	Cálculo de las emisiones de GEI derivadas del ciclo del agua de las redes urbanas de Cataluña (OCCC, 2015).	No hay que considerar las emisiones asociadas al consumo eléctrico ⁶ .

3 Ejemplo: Autocompostaje, Poda y jardinería, Residuos voluminosos + madera, RAEE, Chatarra, Aceites vegetales, Textil, Runas, Residuos en Pequeñas Cantidades (RPQ), Pilas, Medicamentos, Otras recogidas selectivas (Fuente de las categorías: ARC)

4 Para aquellas categorías sin factores, se recomienda utilizar otras fuentes de datos.

5 Emisiones reportadas en el sector de energía.

6 Emisiones reportadas en el sector de energía.



Finalmente, es importante destacar las siguientes conclusiones generales del análisis de los factores de emisiones disponibles:

- Los factores de los RSU y del agua suministrada tienen un enfoque de ciclo de vida, pero entregan la información de las emisiones segregadas por etapa, lo cual permite identificar aquellas emisiones que deben ser excluidas del cálculo de las emisiones.
- Respecto al factor disponible del ciclo del agua que entrega la ACA, el 97% de las emisiones están asociadas al consumo eléctrico de agua. Lo cual refleja la importancia de verificar y utilizar factores operacionales que eviten la doble contabilización de las emisiones en el inventario.
- No se pudieron verificar las actividades (directas e indirectas) consideradas en el cálculo de los factores de los RI.

5. Discusión

Es importante destacar que el análisis realizado en este estudio de las iniciativas y herramientas impulsadas en España y Cataluña para el cálculo de emisiones de GEI revela que las guías e inventarios que existen adoptan, en gran medida, una lógica de huella de carbono organizacional y no están diseñados para que sean útiles para la gestión climática de los municipios. Por ejemplo, la Guía para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y las herramientas promovidas por la OCCC se basan principalmente en la norma ISO 14064. Por otro lado, los recursos desarrollados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) también se basan en esta normativa. Todo esto plantea la necesidad y urgencia de adaptar los recursos disponibles a las capacidades y características de los municipios. En ese sentido, el GPC plantea que “una línea base de emisiones elaborada con un enfoque de ciudad, permitiría establecer metas de mitigación, crear planes de acción más específicos y hacer un seguimiento del progreso a través del tiempo, así como fortalecer las oportunidades para las ciudades de asociarse con otros niveles administrativos y aumentar el acceso a la financiación climática local e internacional”.

Además, el análisis de los factores disponibles para el cálculo de las emisiones de GEI del sector residuos demuestra que, en muchos casos, estos se elaboran bajo un enfoque de ciclo de vida, lo que puede conducir a una doble contabilización de las emisiones en los inventarios. El desarrollo de este estudio, junto con la incorporación de la visión de actores claves en el proceso (AMB, Ayuntamiento de Rubí, entre otros), pone de manifiesto la necesidad de profundizar en el conocimiento, el correcto uso y la utilidad por parte de las administraciones municipales, tanto de las herramientas disponibles como de los programas vigentes que incentiven la acción climática local, como, por ejemplo, el Pacto de los Alcaldes por la Energía y Clima.

En cuanto a la cuantificación de las emisiones de GEI del transporte por carretera, si bien se avanzó en el diseño y uso de datos más representativos a nivel municipal, sigue siendo necesario obtener datos más específicos y dinámicos, como los kilometrajes reales registrados en las ITV, para que el inventario sea realmente útil y permita cumplir uno de los objetivos de este estudio: diseñar un inventario anual de emisiones de GEI orientado a facilitar el establecimiento de metas de mitigación y la elaboración de políticas de acción climática en el ámbito local. Todo lo señalado, junto con los resultados que muestran que en Rubí los vehículos que, en promedio, más emiten al año son los



híbridos debido a su mayor tasa de uso, plantea la necesidad de diseñar políticas que graven a los que emiten más por sobre aquellos que tengan una peor etiqueta medioambiental.

6. Conclusiones

Este trabajo ha desarrollado una propuesta metodológica para la elaboración de inventarios de emisiones de GEI en los sectores de transporte y residuos, adaptada al contexto territorial de los municipios de Cataluña. La metodología de referencia seleccionada fue el Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC), un marco contable ampliamente reconocido a nivel internacional, diseñado específicamente para ayudar a los gobiernos locales a mejorar la medición, seguimiento y reducción de las emisiones de sus ciudades.

El análisis de los métodos propuestos por el GPC, junto con el estudio de los datos actualmente disponibles en el contexto catalán, permitió identificar tanto las fortalezas como las limitaciones existentes para la implementación de un inventario de emisiones municipal. Además, se identificaron los requisitos y brechas de información, y también se elaboraron recomendaciones específicas por sector en base a estos hallazgos.

En el caso del sector transporte, se logró definir una metodología concreta debido a la calidad y desagregación de los datos disponibles, así como a su compatibilidad con los enfoques sugeridos por el GPC. Para validar el método propuesto y la calidad de los datos, se realizó el cálculo de las emisiones del transporte por carretera del municipio de Rubí. Esto permitió identificar la ausencia y la relevancia de obtener datos reales de los kilómetros recorridos al año por vehículo, ya que el uso de kilometrajes promedio a nivel nacional impide reflejar y cuantificar con precisión el impacto de las políticas locales orientadas a la reducción de emisiones, al no capturar los cambios reales en la movilidad del territorio. Por lo que se recomienda continuar avanzando en la solicitud a la DGT de los datos más específicos de kilometrajes anuales provenientes de las ITV.

En cuanto a los residuos, se presenta un mayor desafío respecto a la aplicación del GPC en este sector, ya que la metodología exige un nivel de desagregación de datos que actualmente no se encuentra disponible, como el estado físico de los residuos (húmedo/seco), el contenido de carbono o los parámetros de oxidación en procesos de incineración. A pesar de lo señalado, se dispone de información territorial relevante sobre el volumen de residuos generados y el tratamiento de los residuos. Esto permite aplicar una metodología alternativa a corto plazo, basada en las directrices de las guías y herramientas de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic, pero tomando en consideración el enfoque de ciudad del GPC para la contabilización de las emisiones del inventario municipal.

Respecto a los factores de emisión, se recomienda verificar las actividades consideradas en su diseño, ya que se debe priorizar el uso de factores de tipo operacional, los cuales reflejan las emisiones directas que se encuentran bajo el control directo de las administraciones locales. Esta aproximación permite una mayor coherencia entre los resultados del inventario y la capacidad real de los municipios para incidir mediante políticas públicas y acciones climáticas específicas. La aproximación también permitiría alinear mejor las emisiones de los inventarios con la capacidad que



tienen los municipios de incidir, a través de la elaboración de políticas públicas y diseño de acciones climáticas, en la reducción de las emisiones del territorio y una transición ecológica justa.

En conclusión, este trabajo ha permitido avanzar en la definición de una propuesta metodológica ajustada al contexto de los municipios catalanes para la elaboración de inventarios de GEI en los sectores de transporte y residuos. La experiencia analizada muestra que contar con datos locales representativos y metodologías adecuadas al ámbito territorial es una condición necesaria para que los inventarios se conviertan en herramientas efectivas de planificación climática. La adaptación metodológica propuesta contribuye a cerrar la brecha existente entre los compromisos climáticos y las capacidades reales de acción de los gobiernos locales, fortaleciendo así su rol en la transición hacia territorios más sostenibles, resilientes y justos.



7. Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de distintas personas e instituciones.

Gracias a Josep Vives, técnico del municipio de Rubí, por compartir sus experiencias, su apoyo a lo largo de todo este estudio y por su firme compromiso con la acción climática local.

También agradecer a Ana Romero y a todo el equipo del Área de Acción Climática de la AMB, por el valioso trabajo que desarrollan y por la disposición a compartir sus conocimientos en materia de la planificación climática local.

Me gustaría terminar agradeciendo al Grup de Recerca en Ciència i Tecnologia de la Sostenibilitat, de la cual mis tutores forman parte, quienes me han otorgado el espacio y conocimiento para avanzar en este desafío que recién está comenzando.

.



8. Bibliografía

- [1] Agència de Residus de Catalunya. (2022). *Estadístiques de residus industrials (sector productiu i EDAR)*. Retrieved from <https://estadistiques.arc.cat/ARC/?industrial>
- [2] Agència de Residus de Catalunya. (2023). *Estadístiques de residus municipals*. Retrieved from <https://estadistiques.arc.cat/ARC/?industrial>
- [3] CMNUCC. (2015). *Acuerdo de París*. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- [4] Covenant of Mayors Office. (2022). *Reporting Guidelines on Sustainable Energy and Climate Action Plans (SECAPs)*.
- [5] DGT. (2022). *Kilómetros anualizados recorridos por el parque móvil*. Dirección General de Tráfico. Retrieved from <https://www.dgt.es/menusecundario/dgt-en-cifras/dgt-en-cifras-resultados/dgt-en-cifras-detalle/Kilometros-anualizados-recorridos-por-el-parque-movil-2022/>
- [6] DGT. (2023). *Microdatos de parque de vehículos (anual)*. Dirección General de Tráfico. Retrieved from <https://www.dgt.es/menusecundario/dgt-en-cifras/dgt-en-cifras-resultados/dgt-en-cifras-detalle/Microdatos-de-parque-de-vehiculos-anual/>
- [7] European Commission. (2019). *The European Green Deal*.
- [8] European Commission. (2021). *'Fit for 55': Delivering the EU's 2030 Climate Target on the Way to Climate Neutrality*.
- [9] Generalitat de Catalunya. (2017, agosto 23). Ley 16/2017, de 1 de agosto, del cambio climático. (No. 7426). DOGC.
- [10] Global Covenant of Mayors for Climate and Energy. (2025, noviembre 14). *City Journey*. Retrieved from <https://www.globalcovenantofmayors.org/journey/>
- [11] Gobierno de España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC)*.
- [12] IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- [13] IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- [14] Jefatura del Estado. (2021). Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. (No. 121). Boletín Oficial del Estado (BOE).



- [15] OCCC. (2015). *Càlcul de les emissions de GEH derivades del cicle de l'aigua de les xarxes urbanes a Catalunya*.
- [16] OCCC. (2024). *Informe d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle per sectors a Catalunya*.
- [17] Organización de las Naciones Unidas. (2020, septiembre 10). *Naciones Unidas*. Retrieved from <https://www.un.org/es/climatechange/climate-solutions/cities-pollution>
- [18] Unión Europea. (2021, julio 9). Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n.º 401/2009 y (UE) 2018/1999. 1-17. DOUE.
- [19] World Resources Institute, C40 Cities Climate Leadership Group & ICLEI – Local Governments for Sustainability. (2021). *Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC)*.



Conecta. Actúa. Transforma

La transición ecológica empieza en tu ciudad

CONAMA

