

Actualmente, los responsables de tomar decisiones contra el cambio climático carecen de herramientas para desarrollar inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con suficiente rigor científico-técnico y precisión para priorizar e invertir los recursos disponibles de manera eficiente en las medidas necesarias para luchar contra el cambio climático. Por ello, en esta tesis se expone el desarrollo de un sistema de información territorial y sectorial (SITE) para monitorear las emisiones de GEI que sirva como herramienta de gobernanza climática local y regional. SITE combina las ventajas de los enfoques metodológicos descendente o *top-down* (de arriba hacia abajo) y ascendente o *bottom-up* (de abajo hacia arriba), para lograr un enfoque híbrido innovador para contabilizar y gestionar de manera eficiente las emisiones de GEI. Por tanto, en esta tesis se definen los diferentes desarrollos metodológicos, tanto generales como específicos de sectores clave del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (edificación, transporte, sector forestal, etc.), un desarrollo informático para la parte de SITE que se ejecuta del lado del servidor, que de ahora en adelante denominaremos *back-end* del sistema, y siete implementaciones como casos de estudio representativos, a diferentes escalas y aplicados sobre diferentes sectores. Esto queda descrito en seis capítulos.

En el primer capítulo se expone el desarrollo metodológico general de los tres enfoques del sistema (descendente, ascendente y enfoque híbrido). Además, se describe la implementación del enfoque descendente sobre todos los sectores de la Comunitat Valenciana (España) y la implementación local de este mismo enfoque sobre todos los sectores emisivos del municipio de València. Así, los 162 indicadores cuantificados en los 542 municipios de la región emitieron un total de 30Mt CO₂ eq. y fijaron un total de 6Mt CO₂ eq. durante el año 2019. Además, el enfoque territorial del sistema individual ha permitido identificar que tan solo 10 municipios (el 1,8% del total) emiten el 34% del total mientras que 185 municipios (34% del total) fijaron más emisiones de las que emitieron. Por último, el enfoque sectorial del sistema permitió identificar el 20% de indicadores de las actividades sectoriales que son responsables del 85% del total de emisiones.

En el segundo capítulo se expone una propuesta informática para el *back-end* del sistema basado en agentes para la cuantificación de emisiones y una aplicación local simplificada sobre todos los sectores mediante un enfoque ascendente en un municipio representativo de tamaño medio de aproximadamente 25.000 habitantes (Llíria, España). El sistema basado en agentes propuesto ha permitido la gestión automática de grandes volúmenes de datos e información necesaria para el cálculo de emisiones.

En el tercer capítulo se expone el desarrollo metodológico de un enfoque híbrido basado en un sistema de información geográfica (SIG) para mapear el consumo de energía primaria y las emisiones de GEI en el sector de la edificación a nivel local en base a los certificados energéticos disponibles. Además, la aplicación de la metodología desarrollada a nivel local en un municipio representativo de tamaño medio de aproximadamente 25.000 habitantes (Quart de Poblet, España) ha permitido calcular un total de 32.000 t CO₂ eq. emitidas derivadas de un consumo de energía primaria de 140 GWh en edificios residenciales con alta resolución espacial (a nivel de edificio).

En el cuarto capítulo se describe el desarrollo de una metodología ascendente (*bottom-up*) para cuantificar las emisiones de GEI del tráfico urbano con alta resolución espacial y temporal a nivel local. La metodología desarrollada utiliza datos de los sistemas de control y monitoreo del tráfico urbano (espiras electromagnéticas) para calcular las emisiones de GEI. Además, su implementación en el municipio de València (España) ha permitido obtener resultados con gran resolución de las emisiones de GEI en los más de 1.400 tramos sensorizados de la ciudad con

una resolución temporal horaria y una resolución espacial a nivel de calle. Los patrones de emisión obtenidos de la aplicación de la metodología desarrollada en los años 2016-2019 permiten analizar las emisiones GEI de un agente emisor clave, como es el tráfico, así como de la dinámica de la ciudad y su movilidad ciudadana.

En el quinto capítulo se describe la implementación del sistema en el sector forestal de la Comunitat Valenciana para el cálculo de fijación anual y del stock de carbono acumulado mediante un enfoque metodológico híbrido. Los resultados obtenidos de esta implementación se utilizan para alimentar una metodología propia para valorizar el carbono fijado por el sector forestal en esta Comunidad Autónoma, como región representativa de la Europa mediterránea. La metodología propia desarrollada permite calcular bonos de compensación de emisiones por gestión forestal sostenible teniendo en cuenta el riesgo de emisión por incendios forestales para que se ajuste a la realidad forestal mediterránea. Los resultados obtenidos muestran un potencial de compensación voluntaria de emisiones en la región de entre el 1,2 y el 5,6% del total de las emisiones no consideradas en el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS).

En el sexto capítulo se utiliza un método simplificado con enfoque ascendente para calcular las emisiones fijadas por las áreas verdes urbanas a escala local en el municipio de València. El resultado permite evaluar la contribución de las áreas verdes urbanas a la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 “Acción Climática” con alta resolución espacial. Los 901 parques y jardines urbanos del caso piloto de València fijan 812 t CO₂ eq. equivalente al 0,04% del total de emisiones GEI del municipio.

Estas implementaciones a diferentes escalas y sectores demuestran el potencial del sistema como herramienta de apoyo en la toma de decisión contra el cambio climático a nivel regional y local. Las diferentes implementaciones en casos piloto representativos, tanto a nivel regional en la Comunitat Valenciana como a nivel local en municipios grandes (València) y medianos (Quart de Poblet y Lliria) muestran el potencial de adaptación territorial y sectorial que tiene la herramienta. Las metodologías desarrolladas para los sectores específicos de tráfico rodado, edificación o sector forestal, ofrecen cuantificaciones con una resolución espacial con gran capacidad de optimizar las políticas locales y regionales. Por tanto, la herramienta cuenta con un gran potencial de escalabilidad y gran capacidad de mejora continua mediante la inclusión de nuevos enfoques metodológicos, adaptación de las metodologías a la disponibilidad de datos, metodologías concretas para sectores clave y actualización a las mejores metodologías disponibles derivadas de actividades de investigación de la comunidad científica.