

# Servicios urbanos integrados para las ciudades europeas: el ejemplo de Estocolmo

por **Jorge H. Amorim**<sup>1</sup>, **Christian Asker**, **Danijel Belusic**, **Ana C. Carvalho**, **Magnuz Engardt**<sup>2</sup>, **Lars Gidhagen**, **Yeshewatesfa Hundecha**, **Heiner Körnich**, **Petter Lind**, **Esbjörn Olsson**, **Jonas Olsson**, **David Segersson**, **Lena Strömbäck**, todos del Instituto Meteorológico e Hidrológico de Suecia (SMHI), **Paul Joe** y **Alexander Baklanov**<sup>3</sup>

La aceleración del crecimiento de la población urbana, especialmente en los países en desarrollo, se ha convertido en una fuerza impulsora del desarrollo humano. Los eventos hidrometeorológicos, el cambio climático y la contaminación del aire tienen un impacto cada vez más significativo en ciudades atestadas y densamente pobladas. Además, la complejidad y la interdependencia de los sistemas urbanos aumentan la vulnerabilidad de las ciudades. Un solo evento extremo puede llevar a un colapso generalizado de las infraestructuras, a menudo a través de un efecto dominó.

Muchas organizaciones, incluida la OMM, reconocen que la rápida urbanización requiere nuevos tipos de servicios que hagan el mejor uso de la ciencia y la tecnología. Dichos servicios meteorológicos, medioambientales y climáticos urbanos integrados deberían ayudar a las ciudades a planificar y enfrentar riesgos como mareas de tempestad, crecidas, olas de calor y episodios de contaminación del aire, especialmente en climas cambiantes. El objetivo es desarrollar servicios urbanos que satisfagan las necesidades especiales de las ciudades a través de una combinación de densas redes de observación, pronósticos de alta resolución, sistemas de alerta temprana multirriesgo y proyecciones de clima urbano a largo plazo para la escala suburbana en el diseño y la planificación de ciudades sostenibles y resilientes. Se han iniciado recientemente varios estudios internacionales para explorar estos temas.

En junio, el Consejo Ejecutivo de la OMM adoptó un enfoque conceptual y metodológico en la *Guide for Urban Integrated Hydro-meteorological, Climate and Environmental Services [Guía para los servicios hidrometeorológicos, climáticos y medioambientales urbanos integrados]*. Sin embargo, muchas ciudades –por ejemplo, Hong Kong, París, Shanghái, Singapur y Toronto– ya han comenzado a

poner en funcionamiento servicios urbanos integrados. Los requisitos de un servicio urbano son específicos de la ciudad, y su configuración sigue las necesidades de los usuarios locales. Estocolmo ofrece uno de los mejores ejemplos de este tipo de servicio en Europa, con un enfoque especial en la planificación urbana a fin de crear un entorno urbano atractivo y saludable para los futuros ciudadanos.

## Antecedentes y concepto

Estocolmo ambiciona ser una de las ciudades verdes más importantes de Europa. Fue seleccionada como la primera capital verde de Europa en 2010 y ahora está trabajando para liberarse de los combustibles fósiles en 2040. Estocolmo es una ciudad en crecimiento con el objetivo oficial de construir 140 000 nuevas viviendas para 2030, algo que requerirá cambios significativos en la infraestructura urbana. Entre 2010 y 2012 se llevó a cabo una primera cooperación en materia de servicios urbanos entre la ciudad de Estocolmo y el Instituto Meteorológico e Hidrológico de Suecia (SMHI) en el marco del proyecto SUDPLAN FP7 (Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Comisión Europea (CE)) ([www.hindawi.com/journals/amete/2012/240894/](http://www.hindawi.com/journals/amete/2012/240894/)).

Posteriormente, el SMHI ideó un sistema de información sectorial denominado UrbanSIS, dirigido a los sectores de infraestructura y salud que operan en ciudades, como parte del proyecto de prueba de concepto de Copernicus entre 2015 y 2018. El objetivo era desarrollar un conjunto de variables climáticas esenciales, probarlas y poner en producción un método para reducir su escala hasta el nivel urbano (1 × 1 km<sup>2</sup>). Esto se hizo para permitir el cálculo de indicadores de impacto relacionados con situaciones de inundación, olas de calor y episodios de contaminación atmosférica, que son de suma importancia para los usuarios finales en Estocolmo (**tabla 1**). También participaron las ciudades de Bolonia (Italia) y Rotterdam (Países Bajos).

1 Contacto: [jorge.amorim@smhi.se](mailto:jorge.amorim@smhi.se)

2 Dirección actual: SLB Analys, Estocolmo (Suecia)

3 Secretaría de la OMM, Departamento de investigación

Tabla 1. Resultados de UrbanSIS en forma de 26 variables climáticas esenciales y 65 indicadores de impacto sectorial. Una descripción completa de los datos producidos se proporciona en [urbansis.climate.copernicus.eu/urban-sis-climate-indicators/](http://urbansis.climate.copernicus.eu/urban-sis-climate-indicators/).

Variable climática esencial	Unidad	Variable climática esencial	Unidad
Temperatura del aire a 2 m sobre el suelo (T2m)	°C	Radiación global	W m <sup>-2</sup>
Temperatura del aire sobre suelo urbano (T2m_URBAN)	°C	Radiación directa de onda corta	W m <sup>-2</sup>
Temperatura del aire sobre suelo vegetal (T2m_NATURE)	°C	Radiación difusa de onda corta	W m <sup>-2</sup>
Temperatura del aire a 12 m aproximadamente (capa 1)	°C	Escorrentía local	mm h <sup>-1</sup>
Temperatura del aire a 38 m aproximadamente (capa 2)	°C	Escorrentía superficial	mm h <sup>-1</sup>
Temperatura del aire a 50 m aproximadamente (capa 3)	°C	Evapotranspiración	mm
Precipitación (15 min y 1 h)	mm	Caudal fluvial	m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
Precipitación de nieve	mm	Humedad del suelo	mm
Humedad relativa	%	Cubierta de nieve	mm
Velocidad del viento (a 10 m sobre el suelo)	m s <sup>-1</sup>	Concentración de O <sub>3</sub>	µg m <sup>-3</sup>
Dirección del viento (a 10 m sobre el suelo)	grados	Concentración de NO <sub>2</sub>	µg m <sup>-3</sup>
Rachas	m s <sup>-1</sup>	Concentración de PM <sub>10</sub>	µg m <sup>-3</sup>
Altura de la capa límite	m	Concentración de PM <sub>2,5</sub>	µg m <sup>-3</sup>

Sector	Área de indicador	Tipo de indicador
Indicadores de salud	<b>Calidad del aire</b>	Valores límite de la UE: concentraciones Valores límite de la UE/recomendados por la OMS: exposición Mortalidad por exposición de largo periodo Mortalidad por exposición de corto periodo
	<b>Estrés térmico</b>	Valores límite de la UE: concentraciones Valores límite de la UE/recomendados por la OMS: exposición Mortalidad por exposición de largo periodo Mortalidad por exposición de corto periodo
	<b>Malestar</b>	Índice de malestar de Thom Índice térmico universal del clima Frecuencia de noches tropicales
Indicadores de energía	<b>Consumo de energía</b>	Grados-día de calentamiento Grados-día de refrigeración
	<b>Energía solar</b>	Insolación mensual de onda corta
Indicadores de infraestructuras	<b>Inundación</b>	Precipitación extrema Intensidad/duración de la precipitación extrema
	<b>Infraestructura verde</b>	Duración de la estación de crecimiento
	<b>Infraestructura de transporte</b>	Días de helada Días glaciales Pasos por cero
Indicadores para sectores no específicos		Temperatura diaria máxima/mínima/media del aire

La información se proporcionó en tres conjuntos de datos, cada uno basado en cinco años de datos horarios de 1 × 1 km<sup>2</sup> de rejilla, y que representan:

- un periodo histórico de años específicos: 2006, 2007, 2012, 2013, 2014;
- cinco años de datos tomados de un escenario climático que representa las condiciones actuales (1980-2010);
- cinco años de datos tomados de un escenario climático que representa condiciones futuras (2030-2065).

La calidad de la reducción de escala se evaluó frente a las observaciones. Los dos conjuntos de datos que representan las condiciones presentes y futuras se crearon asumiendo un fuerte forzamiento radiativo (escenario RCP8.5 del IPCC). Hay que notar que los conjuntos de datos presentes y futuros deberían interpretarse como años "representativos" y no "históricos verdaderos". Una novedad en la producción de los datos de rejilla 1 × 1 km<sup>2</sup> fue el uso de un modelo de predicción numérica del tiempo (PNT) de alta resolución espacial (resolución de rejilla de 1 km) integrado para largos periodos de tiempo (años).

## Las partes interesadas en Estocolmo y sus necesidades

Los talleres y entrevistas con las partes interesadas y con los futuros usuarios de los datos de UrbanSIS se llevaron a cabo en las fases iniciales del proyecto, y continuaron en otros proyectos (proyectos suecos: HazardSupport y MUMS, y el proyecto Clarity del Horizonte 2020 de la UE). Entre los usuarios finales y las partes interesadas se encontraban organismos gubernamentales (Agencia Sueca de Contingencias, Administración Sueca de Transporte, Junta Nacional de Vivienda, Junta Administrativa del Condado de Estocolmo para la Construcción y Planificación y Agencia de Salud Pública de Suecia), asociaciones (Asociación Sueca del Agua y las Aguas Residuales), una compañía de seguros privada (Länsförsäkringar), actores locales (Ciudad de Estocolmo y Estocolmo Vatten och Avfall) y consultorías (WSP, Tyréns y SWECO).

A través de talleres y entrevistas adicionales se discutió acerca de la identificación de qué variables climáticas esenciales e indicadores de impacto había que suministrar en la escala urbana, obteniéndose algunas conclusiones al respecto. Participaron expertos en clima urbano y salud de la Universidad de Reading (Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte), la Universidad de Umeå (Suecia) y el SMHI, así como usuarios finales urbanos tradicionales representando a consultores y autoridades metropolitanas de Estocolmo y Bolonia, otra ciudad de demostración. Se puso de manifiesto que había una necesidad de información que representara las condiciones actuales, así como información de lo que probablemente sucedería en el futuro, desde el punto de vista del usuario final. Otra conclusión del diálogo fue que algunos de los indicadores de impacto deberían poseer ciertas características específicas de la ciudad.

El aporte de información por las partes interesadas dio como resultado un portal con gran cantidad de variables climáticas esenciales e indicadores (**tabla 1**). Estos datos se entregan de forma detallada a usuarios finales con alta formación técnica, como consultores, ingenieros y científicos urbanos y expertos en salud, y se utilizarán como entradas para modelos locales y específicos de impacto. También están en un formato que los planificadores urbanos pueden utilizar directamente para la planificación dimensional. Se hizo un esfuerzo especial para generar información que se pueda usar para evaluar y planificar la adaptación a riesgos urbanos, como lluvias intensas, olas de calor y episodios extremos de contaminación atmosférica.

## Enfoque de reducción de escala dinámica

La cadena de modelización por reducción de escala dinámica consta de tres modelos numéricos, como se muestra en la **figura 1**. El estado meteorológico/climatológico fue generado por el modelo HARMONIE (en dos configuraciones, como se describe a continuación, dependiendo del periodo) y se introduce en el modelo MATCH de calidad del aire y en el modelo hidrológico HYPE.

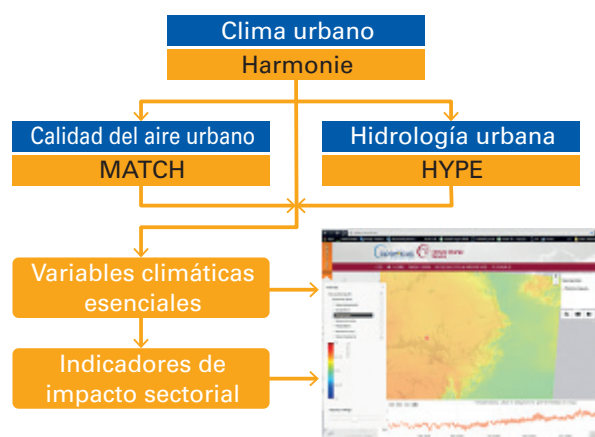


Figura 1. Diagrama de flujo general que representa el enfoque de reducción de escala dinámica aplicado en UrbanSIS

Para el periodo histórico, se introdujeron las condiciones de contorno en el sistema de PNT HARMONIE-AROME (ciclo 40h1.1) utilizando el reanálisis UERRA-ALADIN y observaciones de superficie. Para las condiciones presentes y futuras, los datos de superficie y de condiciones de contorno para el entorno climático HCLIM-AROME se obtuvieron del proyecto GLOBAQUA.

Los datos fisiográficos de alta resolución se generaron mediante el procesamiento de diferentes bases de datos y productos de acceso abierto: i) la cobertura espacial de los tipos de cubierta de suelos, del Atlas Urbano de 2012 del Servicio de vigilancia terrestre de Copernicus; ii) los polígonos de construcciones, de OpenStreetMap; iii) las alturas de edificios, a partir de mediciones lidar de la Agencia Forestal Sueca; y iv) las series temporales de índices de área foliar, gracias al Servicio terrestre mundial de Copernicus. Las rejillas de 300 × 300 m<sup>2</sup> resultantes se interpolaron luego –utilizando el esquema SRFX de superficie/atmósfera– en la rejilla final del modelo en 1 × 1 km<sup>2</sup> y se combinaron con el conjunto de datos ECOCLIMAP-II de clasificación de ecosistemas y parámetros de superficie por defecto para Europa. Los detalles de la configuración y validación del modelo se dan en [urbansis.climate.copernicus.eu/project-deliverables/](http://urbansis.climate.copernicus.eu/project-deliverables/).

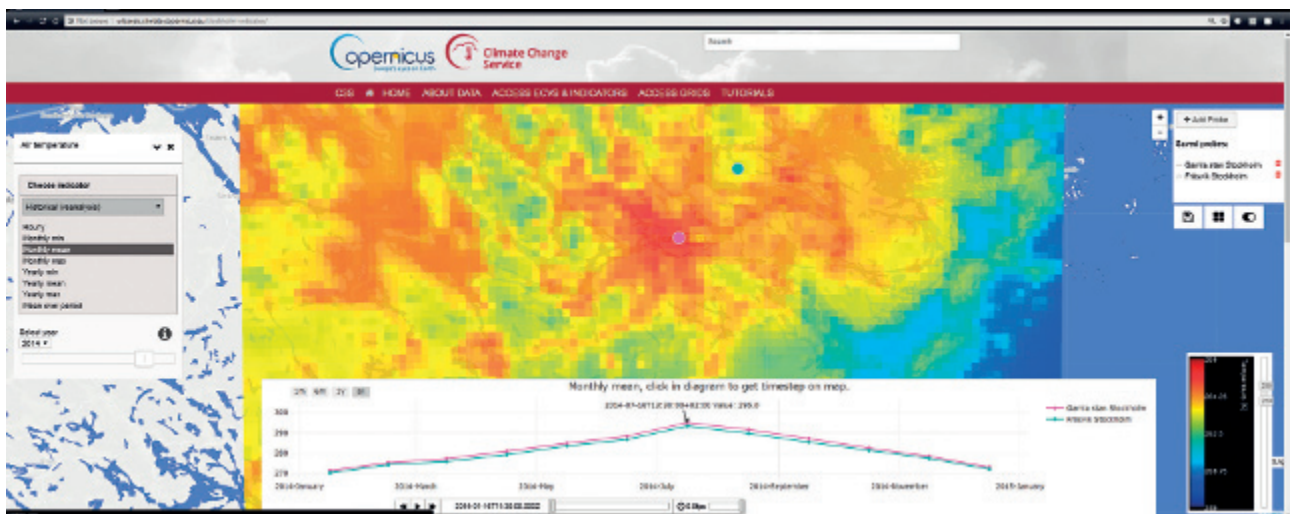


Figura 2. Imagen del portal UrbanSIS que muestra el mapa de ICU sobre Estocolmo en julio de 2014 y las series temporales de  $T_{2m}$  media mensual (en K) en dos ubicaciones.

## Escenarios climáticos

Los costos computacionales para la reducción de escala dinámica de alta resolución son considerables; por lo tanto, los datos de escenarios climáticos que se proporcionaron fueron solo para periodos seleccionados de cinco años. Además, la reducción de escala urbana era factible para realizarla con solo un escenario climático, lo que plantea importantes problemas sobre la manera de comunicar su representatividad e incertidumbres.

Hubo requisitos de usuarios para tener escenarios extremos para los datos climáticos futuros, por lo que se decidió utilizar el escenario RCP8.5. La salida de un modelo regional se tomó del proyecto GLOBAQUA del FP7, que ofreció datos tridimensionales a una resolución espacial de  $20 \times 20 \text{ km}^2$  para los periodos 1980-2010 y 2030-2065. Dentro de cada ventana de 30 a 35 años y para cada ciudad, se seleccionaron cinco años representativos que abarcaban combinaciones de veranos frío/húmedo, frío/seco, cálido/húmedo, cálido/seco y "normal". Las temporadas elegidas fueron seleccionadas para disponer de episodios de eventos extremos.

## Ejemplos de salidas de modelos

### Gradientes espaciotemporales de la temperatura del aire en Estocolmo

En UrbanSIS, el objetivo era comprender cómo el clima se ve afectado por la morfología de una ciudad y cómo esto afecta al confort y la salud del ser humano, especialmente durante los periodos cálidos. Los datos de clima urbano de alta resolución obtenidos para Estocolmo revelaron una característica huella térmica, expresada en forma de isla de calor urbana (ICU) o con los gradientes del centro de la

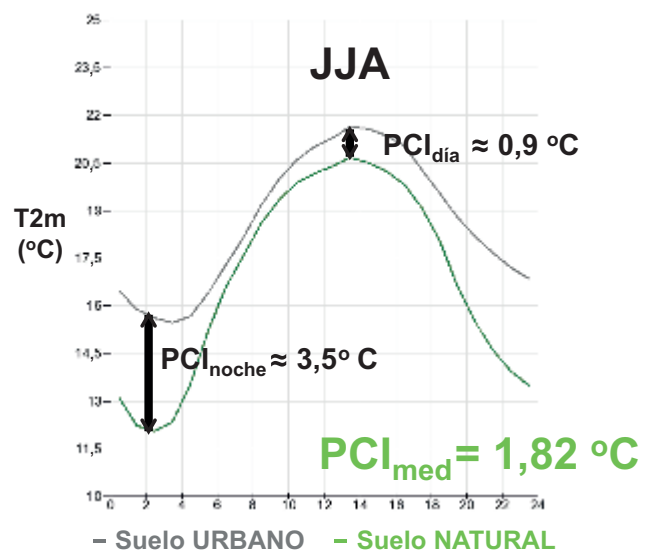


Figura 3. Perfil diario medio de  $T_{2m}$  en el verano del período histórico de cinco años sobre las "baldosas" de suelo natural y urbano que representan, respectivamente, el parque Observatorielunden de Estocolmo, y el área de edificios que lo rodea. ( $PCI_{\text{med}}$  es el enfriamiento medio provocado por esta zona verde de cuatro hectáreas en condiciones de verano).

ciudad asociados, por ejemplo, a las islas frías en parques. La figura 2 ofrece un ejemplo de la cobertura espacial de la ICU de la ciudad, su intensidad y su evolución con el tiempo.

El análisis de la interacción de la heterogénea superficie de Estocolmo con la atmósfera reveló el enfriamiento inducido por los parques urbanos, como se muestra en la figura 3, con distintos ciclos diurnos y estacionales.



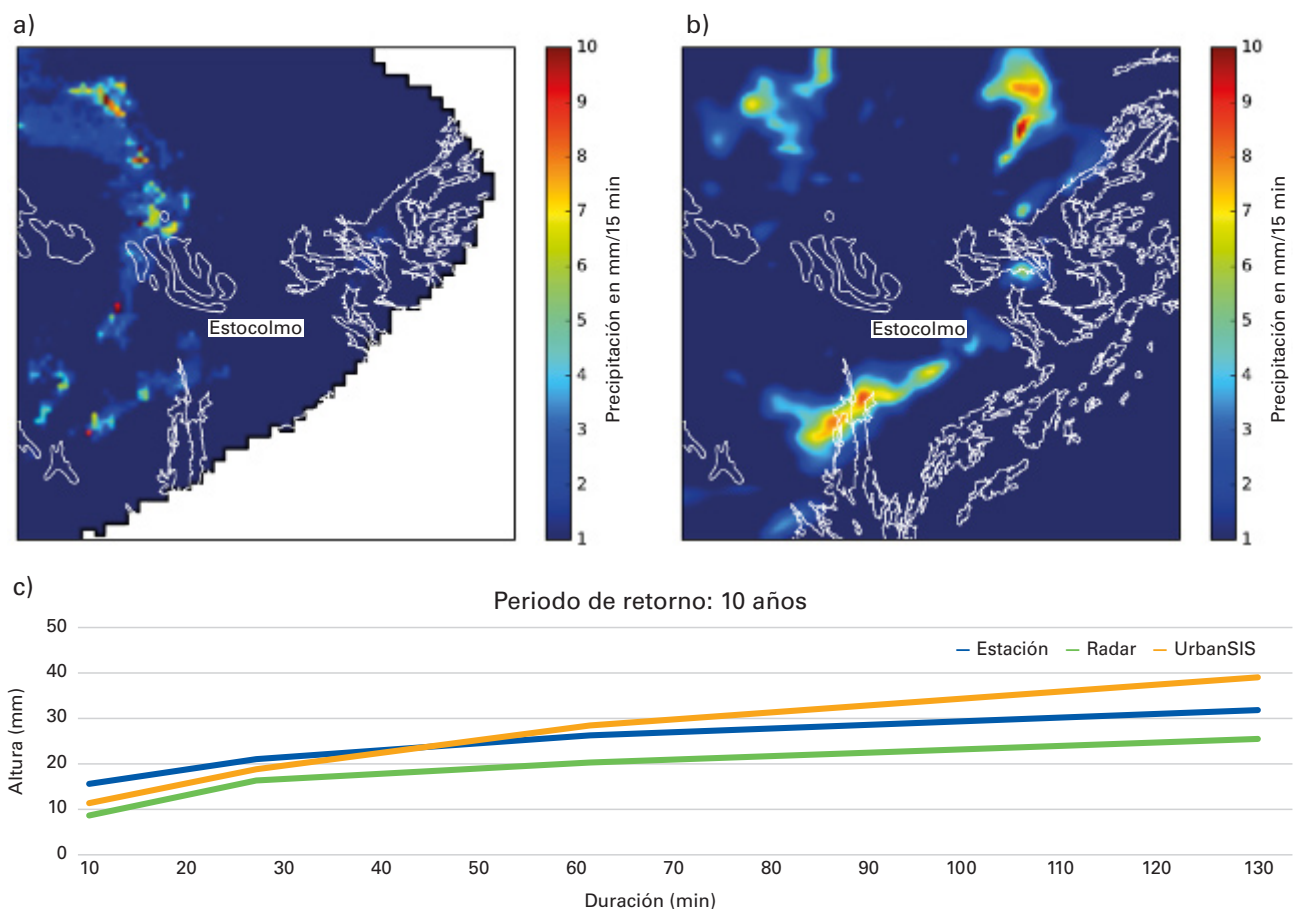


Figura 4. Imágenes de lluvia: a) según lo observado por el radar y b) según lo simulado por UrbanSIS en el dominio de Estocolmo en torno al mediodía del 09-06-2013; c) estadísticas de altura, duración y frecuencia observadas y simuladas a 10 años para Estocolmo.

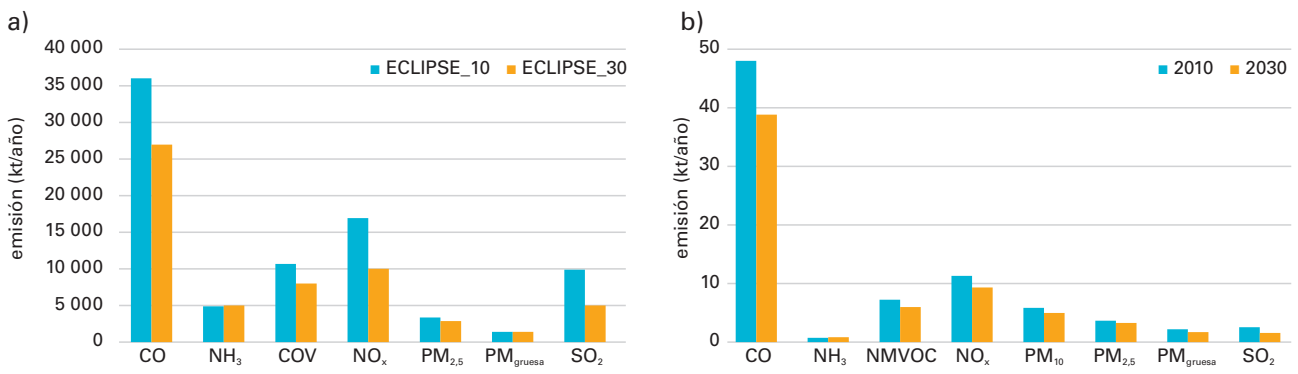
### Reducción de escala dinámica de alta resolución en lluvias intensas

Una motivación fundamental para la reducción de escala dinámica, que es de muy alta resolución, es la extrema variabilidad de la precipitación a pequeña escala. UrbanSIS pudo simular eventos intensos de lluvia a pequeña escala de una manera realista. La **figura 4a** muestra una imagen de radar tomada durante una de las precipitaciones de pequeña escala más intensas observadas en el periodo de evaluación. La **figura 4b** muestra la precipitación simulada casi al mismo tiempo. No se puede lograr un ajuste perfecto debido a la naturaleza caótica de la generación de precipitaciones y las incertidumbres en los datos del radar. Sin embargo, la lluvia simulada generalmente tiene una extensión y estructura espacial similar, así como intensidades de pico análogas, en relación con la lluvia real. Las simulaciones de UrbanSIS son realistas en términos estadísticos. La **figura 4c** muestra el tipo de estadísticas de altura, duración y frecuencia que se utilizan ampliamente en la ingeniería hidrológica urbana. Las estadísticas simuladas coinciden bien con las observadas de la estación y los datos del radar, especialmente para las duraciones más cortas (< 1 h).

El tipo de acuerdo que se muestra en la **figura 4** no se puede lograr en los modelos climáticos de baja resolución, lo que sugiere que los cambios futuros en los extremos locales de precipitación son potencialmente estimados de manera más realista por UrbanSIS. Las proyecciones futuras para Estocolmo indican un aumento mayor de los extremos locales de lluvia que el estimado por los modelos climáticos de baja resolución. Esto tiene implicaciones importantes para adaptar al cambio climático las ciudades y su infraestructura hidrológica.

### Riesgos para la salud por la contaminación del aire en el futuro

MATCH es un modelo de transporte químico desarrollado en el SMHI. Se ha utilizado, no en tiempo real, con el modelo climático en UrbanSIS para proporcionar concentraciones de contaminación urbana de fondo sobre una rejilla de  $1 \times 1 \text{ km}^2$  –dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), materia particulada inhalable ( $\text{PM}_{10}$ ) y partículas finas ( $\text{PM}_{2.5}$ )– sobre Estocolmo. Las simulaciones de calidad del aire se realizaron en dos pasos, primero a escala europea para obtener contribuciones de largo alcance desde fuera de la ciudad y luego como una simulación de alta resolución sobre Estocolmo anidada con aquella.



CO: monóxido de carbono

NH<sub>3</sub>: amoníaco

COV: compuestos orgánicos volátiles

NMVOC: compuestos orgánicos volátiles distintos del metano

NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrógeno

PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>: partículas con diámetro aerodinámico menor que, respectivamente, 2,5 y 10 µm

PM<sub>gruesa</sub>: partículas con diámetro aerodinámico entre 2,5 y 10 µm

SO<sub>2</sub>: dióxido de azufre

Figura 5. a) Emisiones totales dentro del dominio paneuropeo, referidas a 2010 (azul) y 2030 (naranja) previstas con arreglo al proyecto ECLIPSE y b) emisiones totales dentro del dominio urbano de Estocolmo, referidas a 2010 (azul) y 2030 (naranja), según lo previsto por el municipio de Estocolmo.

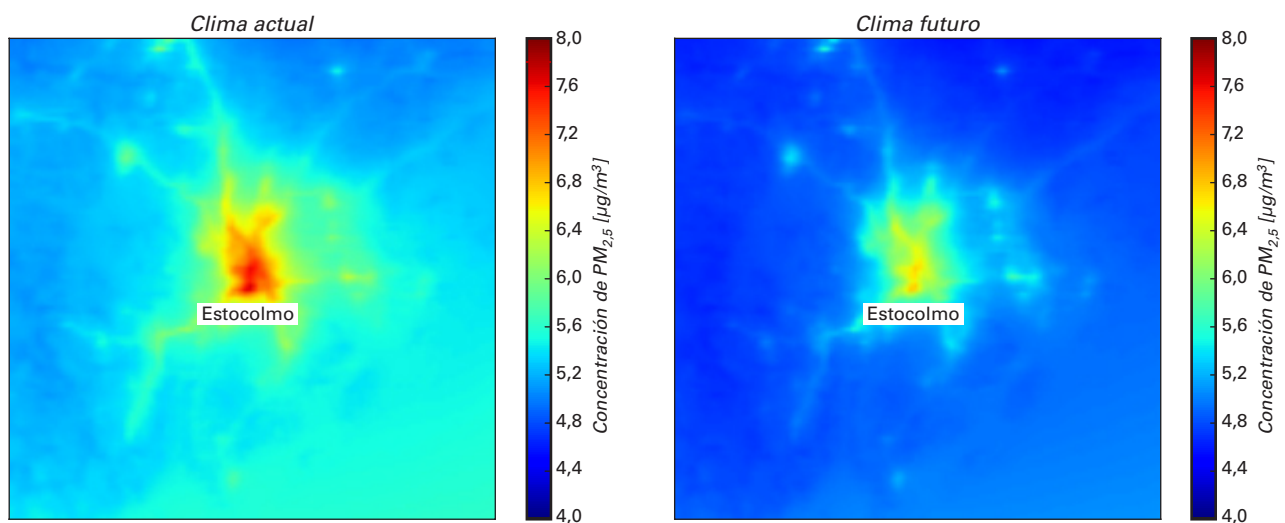


Figura 6. Promedio anual de concentraciones de PM<sub>2,5</sub> sobre Estocolmo en: a) la actualidad (~2010) y b) el futuro (~2030).

Los cambios de emisiones supuestos del presente (1980-2010) al futuro (2030-2065) para las simulaciones paneuropeas se tomaron del proyecto ECLIPSE (figura 5a). El desarrollo de emisiones locales en Estocolmo fue proporcionado por el municipio y representaba los años 2010 y 2030 (figura 5b).

La figura 6 muestra el desarrollo previsto de las concentraciones urbanas medias de fondo para las PM<sub>2,5</sub> desde el presente hasta el futuro. Cabe esperar una disminución general de alrededor de 0,5 microgramos por metro cúbico

(µg m<sup>-3</sup>) desde un nivel actual de alrededor de 5 µg m<sup>-3</sup> en torno a la ciudad, mientras que las partes centrales, debido a reducciones locales de emisiones, disminuyen hasta 1 µg m<sup>-3</sup> desde unos niveles actuales de 7 a 8 µg m<sup>-3</sup>.

Un indicador de la calidad del aire es el número estimado de muertes en el grupo de edad de 30 años o más debido a la exposición a largo plazo a las PM<sub>2,5</sub>. Se tomó un factor de riesgo relativo de 1,062 por 10 µg m<sup>-3</sup> del proyecto HRAPIE de la OMS. UrbanSIS muestra, para una exposición de PM<sub>2,5</sub> en el dominio de Estocolmo, 568 muertes por



Figura 7. Vista aérea de Estocolmo (Copyright: Ciudad de Estocolmo).

año durante las condiciones actuales y 507 muertes para el escenario futuro.

Este tipo de indicador de salud debe presentarse junto con los supuestos realizados. En este caso, el tamaño de la población y el diseño de la ciudad con áreas residenciales permanecieron constantes desde el presente hasta el futuro. Estas suposiciones obviamente no son realistas. La reacción de los actores involucrados en la planificación urbana puso de relieve que se deberían incluir más escenarios para aislar el impacto del cambio climático o el diseño urbano en la calidad del aire. Estas evaluaciones de escenarios se están evaluando para Estocolmo en el seno de los siguientes proyectos.

## Orientación sobre incertidumbres

Como guía para que los usuarios finales juzguen la calidad y las incertidumbres de la salida de UrbanSIS, el SMHI sugirió una escala de color de calidad basada en tres niveles:

- verde = buena calidad: los resultados se pueden usar sin considerar ciertas limitaciones o restricciones (¡adelante!);
- amarillo = calidad media: los resultados son útiles, pero el usuario debería conocer ciertas limitaciones o restricciones (¡precaución!);
- rojo = mala calidad: los resultados pueden ser útiles en parte, pero el usuario debe comprender las limitaciones o restricciones (¡advertencia!).

La escala de calidad se aplica a tres aspectos:

- a) rendimiento del modelo de reducción de escala (modelo);
- b) determinación de indicadores de impacto (indicador);
- c) incertidumbres del escenario climático (escenario).

Los aspectos “modelo” e “indicador” se clasifican individualmente para cada ciudad. Para el aspecto “escenario”, las variables climáticas esenciales reciben la misma clasificación en todas las ciudades europeas. (Más información en [urbansis.climate.copernicus.eu/wp-content/uploads/2018/01/C3S\\_D441.5.4.2\\_UrbanSIS\\_201711\\_Uncertainties\\_scalability\\_rev.pdf](https://urbansis.climate.copernicus.eu/wp-content/uploads/2018/01/C3S_D441.5.4.2_UrbanSIS_201711_Uncertainties_scalability_rev.pdf)).

## Lecciones aprendidas e investigación y desarrollo futuros

El enfoque de combinar la reducción de escala dinámica para la meteorología, la calidad del aire y la hidrología puede ofrecer indicadores útiles y consistentes del impacto climatológico a escala urbana. El acceso a la fisiografía de alta resolución, el inventario de emisiones locales y los datos asimismo locales de canalización de agua son todos ellos vitales. Estos pueden recuperarse en parte de servicios europeos como el Atlas Urbano de Copernicus. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la coherencia entre las diferentes fuentes de datos, para las escalas urbana y regional. Los perfiles diarios, mensuales y estacionales de la emisión local de especies químicas se pueden ajustar utilizando datos indirectos relacionados con el sector (por ejemplo, información de tráfico). Se necesitan estudios de sensibilidad en profundidad para transformar los inventarios de emisiones de escala regional a una escala local. Además, las observaciones locales para diferentes indicadores durante el periodo histórico de simulación son beneficiosas para validar y aumentar la confianza en los resultados.

Los considerables costos computacionales limitan de alguna manera el tamaño del dominio y la cantidad de años simulados. El pequeño tamaño del dominio dio lugar a un fuerte sesgo de precipitación debido a problemas de “spin-up”, especialmente durante condiciones de invierno fuertemente forzadas. La conocida dependencia de la resolución de los datos de forzamientos más gruesos en el “spin-up” no se confirmó en esta configuración de modelización. Se necesita llevar a cabo más investigación para comprender y reducir este problema.

Para la simulación urbana, el sesgo de precipitación significaba que era necesario incluir la precipitación simulada

a escala regional, especialmente para el caudal de los ríos y la nieve acumulada. La limitación en el número de años y escenarios futuros requirió una cuidadosa selección y evaluación de cómo los años y escenarios seleccionados representaban la distribución climatológica de diferentes indicadores para el clima actual y para las proyecciones futuras, incluida la evaluación de sus incertidumbres. Se consideró realizar una reducción de escala de eventos extremos históricos específicos, como peores escenarios, y estudiar la manera en que estos eventos podrían verse afectados en un futuro escenario climático.

Hasta ahora, el objetivo de este enfoque ha sido apoyar la planificación urbana a largo plazo. Sin embargo, el enfoque también puede adaptarse a las predicciones meteorológicas y de contaminación atmosférica de corto plazo, y a la alerta temprana. Por ejemplo, podría usarse para llevar a cabo la reducción de escala urbana con una PNT estándar y para ejecutar el modelo de calidad del aire con los resultados del Servicio de vigilancia atmosférica de Copernicus en las zonas frontera.

Como continuación de UrbanSIS, el SMHI está trabajando con la ciudad de Estocolmo en la simulación del clima urbano y los efectos en el confort humano para distintos escenarios de desarrollo urbano: i) el plan de desarrollo para 2030; ii) un fuerte aumento de la infraestructura verde ("escenario verde"); y iii) expansión y densificación ("escenario gris"). Este esfuerzo ha puesto de relieve que la reducción de escala de la información climática de gran escala sobre una ciudad proporciona nuevos conocimientos para la planificación y el desarrollo urbano, incluida la arquitectura del paisaje y el uso de soluciones basadas en la naturaleza. También ofrece soluciones innovadoras y eficientes para la adaptación de las ciudades al cambio climático.

## Progreso hacia unos servicios urbanos integrados

El concepto de la OMM acerca de los servicios hidrometeorológicos, climáticos y medioambientales urbanos integrados y la experiencia europea demostrada, como es la de Estocolmo, proporcionan las siguientes recomendaciones para los Miembros de la OMM (Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), en primer lugar) y ciudades interesadas:

- No esperar a que ocurra un desastre: los servicios urbanos integrados ya están ayudando a las instancias decisorias y a los usuarios finales (los servicios urbanos que funcionan bien se pueden usar como modelos o plantillas para el desarrollo).

- Los SMHN deberían contribuir a la promoción, el desarrollo y la coordinación de los servicios urbanos integrados, incluida la transferencia del conocimiento.
- Asegurar que existan marcos legales e institucionales que definan claramente las interacciones y responsabilidades del organismo gubernamental que permitan la creación y mantenimiento de servicios integrados.
- Involucrarse con las partes interesadas relevantes (organismos oficiales, opinión pública, SMHN, gobiernos municipales, sector privado y empresas) desde el principio, lo que incluye crear conciencia y obtener retroalimentación.
- Realizar tareas adicionales de investigación, incluidos estudios transversales multidisciplinares, para desarrollar capacidades de servicio urbano.
- Alentar a los SMHN a facilitar un acceso más amplio a los datos influyendo sobre los derechos de propiedad intelectual y el soporte técnico.
- Exhibir proyectos demostrativos sobre servicios urbanos.

## Resumen

El concepto de servicio hidrometeorológico, climático y medioambiental urbano integrado ha sido propuesto por la OMM para satisfacer las necesidades futuras de sus Miembros, especialmente para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. UrbanSIS en Estocolmo es una excelente demostración de una iniciativa de integración de diversas disciplinas científicas de una forma holística e innovadora. Los modelos meteorológicos, de calidad del aire e hidrológicos se usan para proporcionar datos de alta resolución espacial (1 km) y temporal (15 minutos a 1 hora) para el diseño y la planificación urbanas de manera vanguardista y ecocéntrica.

La iniciativa de la OMM se emprendió cooperativamente y en colaboración con otras ciudades –Bolonía y Rotterdam– para desarrollar y generalizar eficientemente su capacidad. La OMM está siguiendo la *Guía para los servicios hidrometeorológicos, climáticos y medioambientales urbanos integrados, Parte 1: Concepto y Metodología* con ejemplos adicionales de ciudades de muestra con la mayor diversidad económica, geográfica y de riesgos.