

CONAMA 2022

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

CONTRIBUYENDO A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Observatorio de indicadores ecosistémicos en el
municipio de San Fernando



CONAMA 2022

CONTRIBUYENDO A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Autor Principal: Angel Villanueva Blasco (Aquatec Proyectos para el Sector del Agua SAU)

Otros autores: María del Mar Castro García (Aquatec Proyectos para el Sector del Agua SAU);
Lucía Bohajar García (Aquatec Proyectos para el Sector del Agua SAU), Área de Desarrollo Sostenible-Acción por el clima del Excmo. Ayuntamiento de San Fernando

INDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	3
Temperatura Superficial.....	5
Suelo sellado	5
Índice de variación del campo térmico	8
Servicios ecosistémicos	10
CONCLUSIONES	11
BIBLIOGRAFIA.....	12

RESUMEN

De acuerdo con la definición de la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), la adaptación tiene que ver con los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos para ayudar a las comunidades a responder ante impactos del cambio climático. En entornos urbanos, la finalidad es reducir el daño o aprovechar los aspectos beneficiosos de los cambios en el clima; en los sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar los ajustes ante los efectos del clima, distinguiendo entre varios tipos de adaptación, en particular la anticipatoria, la autónoma y la planificada.

Desde el Grupo Agbar- Veolia, grupo empresarial en el que se integra Aquatec Proyectos para el Sector del Agua SAU, se ha trabajado en los últimos años en acelerar y mejorar la transición ecológica de los territorios. Toda la experiencia adquirida en la gestión de un recurso vital, como es el agua, y la vocación de servicio público vinculada a su actividad principal, se materializa en la Suite de servicios digitales que se integra en el entorno Dinapsis (www.dinapsis.es). Dentro del paquete de soluciones digitales disponibles se encuentra el Observatorio de indicadores satelitales ofrecido en modalidad servicio (SaaS), que permite visualizar la evolución temporal y espacial de distintos indicadores relacionados con distintas temáticas: modelo de ciudad, salud ambiental, resiliencia, turismo sostenible, descarbonización, infraestructura verde/azul.

En el caso del municipio de San Fernando la herramienta se ha configurado para registrar información de 19 indicadores: (i) Temperatura Superficial, (ii) Línea de playa, (iii) Suelo sellado (NDBI), (iv) Índice de variación del campo térmico (UTFVI), (v) Índice de humedad del suelo, (vi) Contaminantes eliminados gracias al arbolado: dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), Material particulado (PM2.5, PM10), dióxido de nitrógeno (N₂O), Ozono (O₃) y monóxido de carbono (CO), (vii) Calidad de vegetación, (viii) Superficie de cobertura verde, (ix) Proximidad a espacios ajardinados, (x) Compacidad absoluta y (xi) Contaminación lumínica. Los analizados en detalle a lo largo de este documento son la temperatura superficial, el suelo sellado, el índice de variación del campo térmico y los relacionados con los servicios ecosistémicos prestados por la vegetación.

A través del Observatorio de Indicadores es posible visualizar sobre mapa y con periodicidad mensual su evolución, actuando como un sistema de soporte a la decisión (DSS), facilitando a los técnicos y responsables municipales identificar el grado de cumplimiento en cuanto a valores límite o recomendaciones de organismos independientes; pero también conocer qué áreas o distritos constituyen los puntos críticos sobre los que plantear acciones de mejora. Además, será posible contextualizar la información recopilada de San Fernando para compararla con otros municipios similares, permitiendo definir metas objetivas para aquellos indicadores para los que no se disponga de niveles de referencia. La configuración de la herramienta garantiza que los datos adquiridos son transparentes y trazables, facilitando al consistorio las labores de comunicación a la ciudadanía, contribuyendo al cambio social y a la creación de conciencia pública en relación con la sostenibilidad y el cambio climático.

Palabras clave: Cambio climático, Servicios ecosistémicos, Adaptación, Indicadores

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la definición de la United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), la adaptación tiene que ver con los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos que pueden ayudar a las comunidades a responder ante impactos reales o esperados del cambio climático. En entornos urbanos, la adaptación tiene como objetivo reducir el daño o aprovechar los aspectos beneficiosos de los cambios en el clima; en los sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar los ajustes ante los efectos del clima [1], distinguiendo entre varios tipos de adaptación, en particular la anticipatoria, la autónoma y la planificada [2].

Una de las lecciones extraídas en este periodo postpandemia es la importancia de los espacios naturales y de las zonas verdes en la salud física y mental de la población, pero también los efectos beneficiosos que tiene una adecuada gestión y planificación de estos entornos sobre otros aspectos más sociales, económicos y ambientales. Para poder avanzar de forma óptima en la consecución de esos beneficios a nivel social, de salud, ambiental y económico, las ciudades deben proveer espacios públicos, que respondan a las necesidades de la población, de una forma ordenada y realista.

Desde el Grupo Agbar- Veolia, grupo empresarial en el que se integra Aquatec Proyectos para el Sector del Agua SAU, se ha trabajado en los últimos años en acelerar y mejorar la transición ecológica de los territorios. Toda la experiencia adquirida en la gestión de un recurso vital, como es el agua, y la vocación de servicio público vinculada a su actividad principal, se materializa en la Suite de servicios digitales que se integra en el entorno Dinapsis (www.dinapsis.es). Dentro del paquete de soluciones digitales disponibles se encuentra el Observatorio de indicadores satelitales ofrecido en modalidad servicio (SaaS), que permite visualizar la evolución temporal y espacial de distintos indicadores relacionados con distintas temáticas: modelo de ciudad, salud ambiental, resiliencia, turismo sostenible, descarbonización, infraestructura verde/azul.

El Ayuntamiento de San Fernando está situado en la provincia de Cádiz (Andalucía). El municipio se encuentra enclavado al fondo del saco interno de la Bahía de Cádiz, en la Isla de León, que forma, junto con Cádiz, un tómbolo arenoso separado del continente por el Caño de Sancti Petri. Además de la Isla de León pertenecen a San Fernando el islote fangoso sobre el cual se asienta el Arsenal de la Carraca, situado al norte del municipio, y el Islote de Sancti Petri, al sur. San Fernando es eminentemente llano, con zonas situadas incluso por debajo del nivel del mar. De acuerdo con la información publicada por el INE, la localidad contaba en 2021 con 94.867 habitantes, lo que supone una densidad de población considerablemente elevada (2.964,59 hab/km²), debido al número de habitantes y a la reducida superficie que ocupa el término municipal; su extensión superficial es de apenas 32 km², una de las más bajas de la provincia.

OBJETIVOS

El objetivo de este documento es analizar de forma pormenorizada los datos registrados desde enero de 2020 a mayo de 2022, en relación con aquellos indicadores que posibilitan medir los efectos del cambio climático en el Observatorio de indicadores habilitado para registrar información de modelo de ciudad y ecosistémica relacionada con el Ayuntamiento de San Fernando. Concretamente, los analizados han sido la temperatura superficial, el suelo sellado,

el índice de variación del campo térmico y los relacionados con los servicios ecosistémicos prestados por la vegetación.

METODOLOGÍA

El municipio de San Fernando dispone desde 2020 habilitado un servicio de registro de información de origen satelital. El análisis de la información recogida en el Observatorio de indicadores posibilita, de forma planificada, liderar desde el municipio la implantación de distintas actuaciones encaminadas a mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos y a mitigar los efectos adversos del cambio climático.

La herramienta dispone de un catálogo de 150 indicadores, de los cuales los registrados en San Fernando son: (i) Temperatura Superficial, (ii) Línea de playa, (iii) NDBI, (iv) UTFVI, (v) Índice de humedad del suelo, (vi) Contaminantes eliminados gracias al arbolado (CO₂, SO₂, PM_{2.5}, PM₁₀, N₂O, O₃, CO) (vii) Calidad de vegetación, (viii) Superficie de cobertura verde, (ix) Proximidad a espacios ajardinados, (x) Compacidad absoluta y (xii) Contaminación lumínica. A continuación, se analizan en detalle aquellos que aportan información de valor para definir estrategias de adaptación al cambio climático. La información se distribuye de forma espacial distinguiendo entre San Fernando Urbano, que integra 11 barrios, y San Fernando No Urbano (Figura 1).

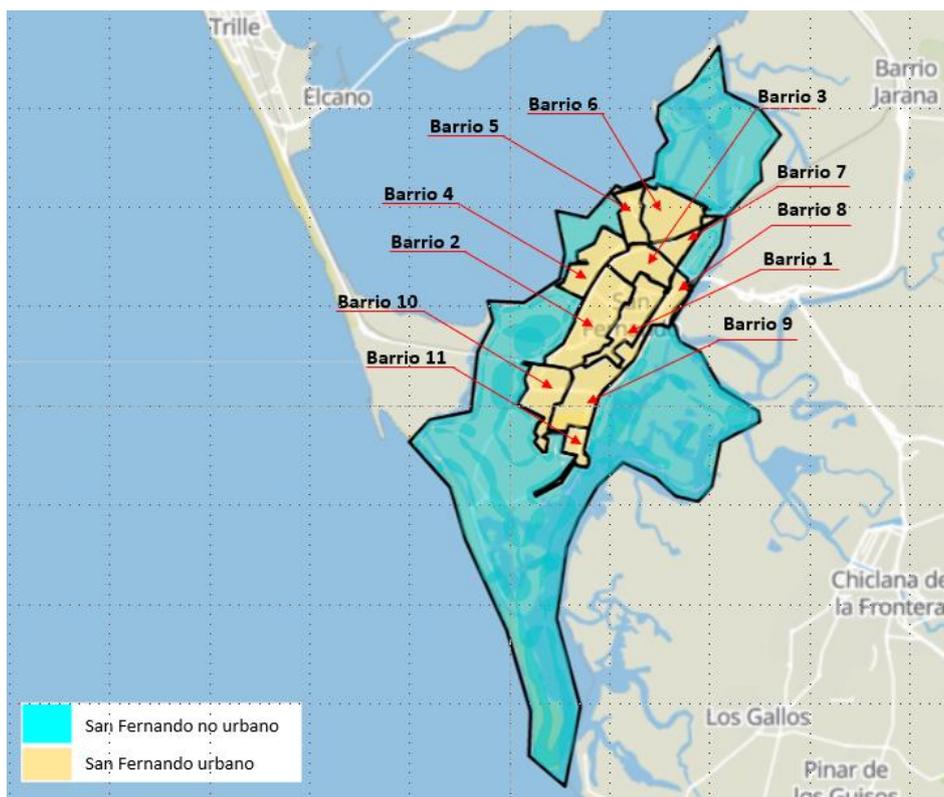


Figura 1. Distribución espacial de los datos registrados en el municipio de San Fernando.

Temperatura Superficial

La temperatura de la superficie de la Tierra (LST) es una medida del calentamiento directo de la superficie terrestre, donde los rayos del sol son absorbidos y reemitidos. Este parámetro complementa las mediciones de la temperatura ambiental, especialmente en las zonas urbanas donde se concentran diferentes materiales en un espacio reducido. El LST es uno de los factores más importantes en los estudios de climatología urbana, cambio medioambiental global e interacciones ser humano- medioambiente. Un conocimiento en detalle del LST permite trabajar de forma local en mitigar los efectos sobre la población del fenómeno denominado isla de calor urbana y su cálculo se ha convertido en un método esencial para evaluar el intercambio de agua y energía superficial con la atmósfera lo que podría repercutir en una mejora de la calidad de vida de las personas [3]. Como se puede observar en la Figura 2, mediante el análisis de las imágenes de satélite, es posible detectar aquellas zonas susceptibles de acumular más calor, de forma que, cuando se planifiquen actuaciones de sustitución de pavimentos y, en general, materiales de construcción en entornos urbanos, o de dotación de infraestructura verde que contribuya a la regulación de temperatura y humedad, es posible seleccionar la ubicación priorizando aquellas localizaciones en las que la inversión tendrá un mayor retorno en cuanto a regulación climática.

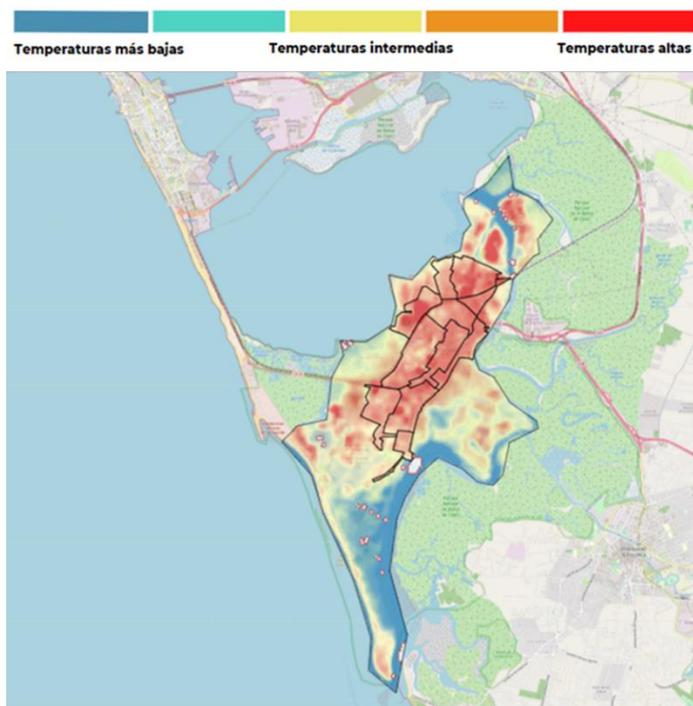


Figura 2. Representación de la temperatura superficial sobre el municipio de San Fernando.

Suelo sellado

El sellado del suelo se entiende como el proceso de transformación de la superficie terrestre mediante materiales que hacen que el suelo sea impermeable de manera artificial [4, 5], perdiéndose así la estructura natural del suelo. El sellado del suelo tiene como efectos negativos

irreversibles la impermeabilización del terreno y la modificación de los ecosistemas naturales, alterando las funciones ecológicas del suelo y los flujos de materia y energía [6].

En el Observatorio de indicadores el cálculo del suelo sellado (%) se realiza en base al Índice de Diferencia Normalizada Edificada (NDBI), que permite llevar a cabo la estimación de zonas con superficies edificadas o en desarrollo de construcción frente a las habituales zonas naturalizadas con vegetación o desnudas. El NDBI es una vía de análisis territorial en estudios urbanísticos, infraestructuras y la comparación de la evolución de las urbes en el tiempo. Su estudio permite mostrar si el proceso de urbanización actual respeta las directrices medioambientales europeas en las que el suelo impermeabilizado o sellado, inherente al desarrollo económico, coexiste con espacios naturales que permitan mantener algunas funciones ecológicas, como suavizar el microclima urbano, fijar los niveles de crecimiento de CO₂ en cifras estables, acordes con la calidad y los estándares medioambientales europeos, amortiguar inundaciones y preservar la biodiversidad. Se calcula mediante la aplicación de la fórmula $NDBI = (SWIR - NIR)/(SWIR + NIR)$, siendo SWIR y NIR bandas de análisis del Infrarrojo. Si bien el NDBI oscila entre -1 y 1 y aquellos valores de tendencia negativa indican presencia de zonas con vegetación. En la Figura 3 se puede visualizar cuales son las zonas del municipio sobre las que se concentra un mayor % de suelo sellado.

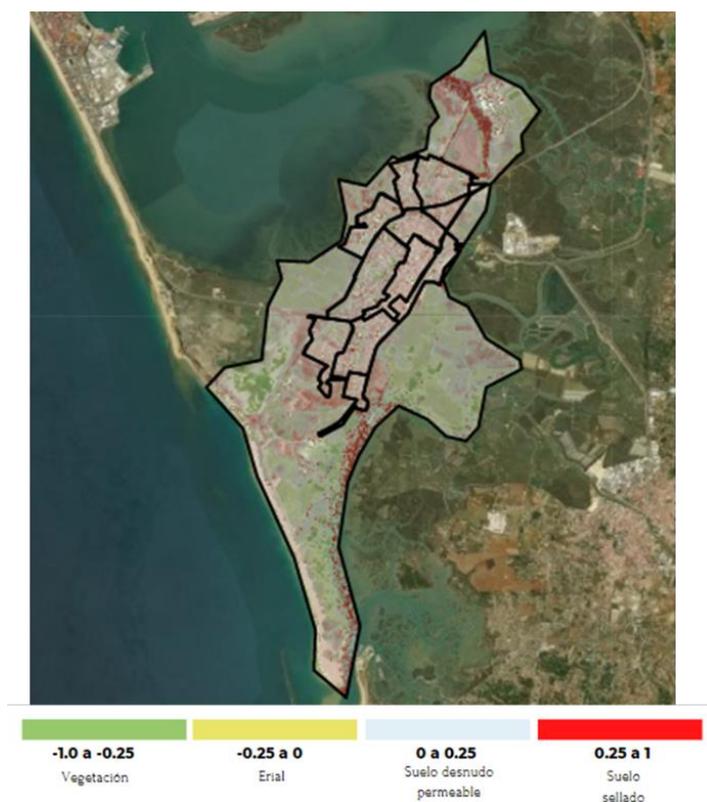


Figura 3. Representación del indicador % suelo sellado sobre el municipio de San Fernando.

Tal y como se puede apreciar en la Figura 4 y en la Figura 5, tanto en 2020 como en 2021, el valor de % de suelo sellado incrementa a lo largo del año, alcanzando sus valores máximos en los meses de agosto y de septiembre.

CONTRIBUYENDO A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



Figura 4. 2020.Evolución mensual del % de suelo sellado.



Figura 5. 2021. Evolución mensual del % de suelo sellado.

El análisis de los datos de valores promedio de % de suelo sellado por barrios en 2020 y en 2021 (Tabla 1) nos permite identificar aquellos que serían más susceptibles de sufrir inundaciones si hay episodios de lluvias torrenciales, en el caso de que no se disponga de sistemas de evacuación de aguas pluviales correctamente dimensionados, y también que el incremento del indicador es razonable en todas las zonas estudiadas e incluso se reduce ligeramente en 2021 en el caso del Barrio 6.

Tabla 1. Porcentaje de % suelo sellado en los distintos barrios en los que organiza San Fernando. Promedio de datos mensuales registrados en 2020 y 2021.

	Barrio 1	Barrio 2	Barrio 3	Barrio 4	Barrio 5	Barrio 6	Barrio 7	Barrio 8	Barrio 9	Barrio 10	Barrio 11
2020	76,30	60,50	69,76	68,53	62,53	64,92	73,66	72,72	66,22	64,72	66,74
2021	78,30	62,75	70,60	71,32	65,08	64,81	76,41	73,44	67,78	67,45	69,85

La adopción de estrategias de renaturalización, incremento de superficie de cobertura verde y una adecuada gestión del riego, contribuirá a reducir el valor de % de suelo sellado, lo que permitirá mitigar los efectos de las inundaciones derivadas de lluvias torrenciales.

Índice de variación del campo térmico

El UTFVI es el índice más utilizado para la evaluación ecológica del entorno urbano debido a su relación directa con la temperatura de la superficie y mide el impacto térmico de las diferentes subzonas del área de aglomeración urbana. Es un indicador ampliamente utilizado para describir el efecto de Isla de Calor Urbana (Urban Heat Island, UHI) con más precisión, ya que permite estimar el impacto del efecto UHI a nivel de barrio y a microescala, posibilitando la detección de situaciones de alerta e identificar vulnerabilidades en la zona urbana. El UTFVI se calcula como $UTFVI = T_s - T_{mean} / T_{mean}$, y constituye una información relevante para técnicos de urbanismo, gestores municipales y profesionales de la salud.

La UHI se define como una anomalía térmica positiva en la parte central de las ciudades por contraste con la periferia, con preferencia en su mayor desarrollo en las horas nocturnas [6]. Entre las causas que contribuyen a este fenómeno destacan:

- i. Un mayor almacenamiento del calor durante el día en la ciudad, debido a las propiedades térmicas y caloríficas de los materiales de construcción urbanos y su devolución a la atmósfera durante la noche.
- ii. La producción de calor antropogénico procedente de las diferentes actividades y procesos de combustión que se llevan a cabo en las áreas urbanas e industriales, como el transporte, la calefacción, alumbrado, etc.
- iii. La disminución de la evaporación, debido a la sustitución de la superficie natural originaria por un suelo asfaltado o pavimentado, de características diferentes y a la eficacia de los sistemas de drenaje urbanos.
- iv. Una menor pérdida del calor sensible, debido a la reducción de la velocidad del viento por rozamiento de los flujos aéreos contra las diferentes formas y estructuras de la ciudad, que ofrecen una mayor resistencia a éste, actuando como parapetos.
- v. Un aumento de la absorción de radiación solar, debido al efecto de captura que produce la singular geometría que presentan las calles y los edificios.
- vi. Reducción del factor de visión del cielo, incidiendo sobre la pérdida de calor durante la noche por irradiación, debido de nuevo a las características geométricas de calles y edificios.
- vii. La radiación de onda larga es emitida del suelo hacia la atmósfera y ante el obstáculo que representa la presencia partículas de contaminantes en la atmósfera urbana, es absorbida en parte de esta radiación por dicha capa, volviendo a remitir dicha capa hacia el suelo. Esto impide el paso de la radiación de onda larga hacia niveles atmosférico-superiores y su pérdida al espacio.

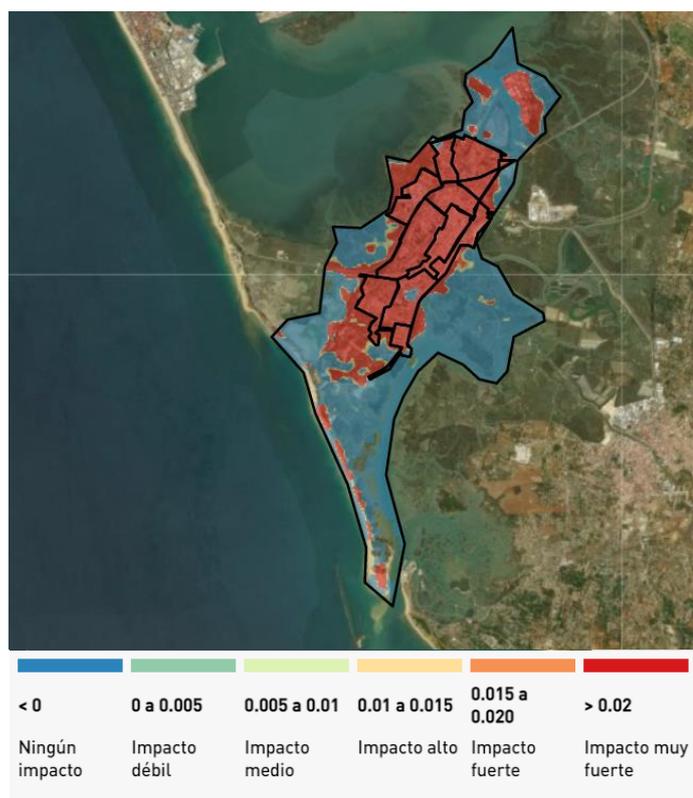


Figura 6. Representación del indicador UTFI sobre el municipio de San Fernando. Datos correspondientes a marzo de 2022.

Si analizamos los datos registrados por zonas, podemos ver que todos los barrios ubicados en el núcleo de urbano de San Fernando presentan valores de UTFVI por encima de 0,02, asociados a alto impacto (Tabla 2). En términos promedio es el Barrio 4 el que recoge los valores más altos para este indicador (0,117), pero es el Barrio 1 el que presenta un máximo puntual en el mes de abril de 2022 (0,370).

Tabla 2. Valores promedio y máximos de UTFI registrados en los barrios de San Fernando. Calculados a partir de los datos mensuales registrados desde 02/2020 a 05/2022.

	Barrio 1	Barrio 2	Barrio 3	Barrio 4	Barrio 5	Barrio 6	Barrio 7	Barrio 8	Barrio 9	Barrio 10	Barrio 11
Promedio	0,074	0,067	0,059	0,117	0,016	0,069	0,066	0,077	0,094	0,071	0,060
Máx.	0,370	0,310	0,310	0,290	0,200	0,310	0,340	0,340	0,350	0,320	0,280

Las previsiones a 2050 apuntan a que las temperaturas en las ciudades seguirán aumentando con una media de 2,61°C si se mantiene la tendencia actual observada de emisiones y si no se realizan actuaciones de mitigación [8].

Una vez identificadas geográficamente las zonas más vulnerables dentro del municipio de San Fernando, se pueden plantear actuaciones encaminadas a reducir el UTFI hasta valores más aceptables, bien mediante la sustitución de materiales constructivos o mediante el incremento de dotación en infraestructura verde. La selección correcta de especies y la ubicación estratégica de árboles e infraestructura verde pueden reducir el UTFVI, y por tanto el UHI, enfriar el aire

entre 2 °C y 8 °C, reduciendo el estrés relacionado con el calor y las muertes humanas prematuras durante eventos de alta temperatura [9].

Servicios ecosistémicos

Utilizando como base el índice NDVI se estiman datos de servicios ecosistémicos como pueden ser la reducción de contaminantes del aire, el secuestro de CO₂, o servicios hidrológicos como la retención de agua. Las herramientas utilizadas para estas estimaciones son las desarrolladas por i-Tree Cooperative (www.itreetools.org), organismo integrado por el servicio forestal de los Estados Unidos, y otras entidades, y que permiten cuantificar los beneficios ambientales del arbolado.

- Absorción de CO₂ de la vegetación. Este índice, calculado mediante las herramientas i-Tree según el sistema de clasificación Köppen-Geiger, cuantifica la reducción de CO₂ obtenida por la vegetación incluida en el inventario de arbolado urbano; tanto el CO₂ absorbido como el evitado en el consumo energético de edificios por el efecto de regulador climático de la vegetación.
- Absorción de CO de la vegetación. Este indicador cuantifica la eliminación de monóxido de carbono (CO) obtenida mediante el arbolado urbano. El CO afecta a la salud, ocasionado enfermedades respiratorias y cardiovasculares, pero también es precursor del CO₂, así que mediante su eliminación también estamos contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.
- N₂O eliminado por la vegetación. El N₂O es un contaminante atmosférico cuyas fuentes fundamentales son el tráfico rodado y las emisiones de determinadas industrias. Afecta a la salud, ocasionado enfermedades respiratorias y cardiovasculares, pero también tiene efectos perjudiciales sobre el medio ambiente, ya es un gas de efecto invernadero (GEI) con un elevado potencial de calentamiento global y causa la acidificación y eutrofización de ecosistemas, afecciones metabólicas y limitación del crecimiento vegetal).
- O₃ eliminado por la vegetación. Además de ser un GEI, la exposición a elevados niveles de O₃ origina problemas respiratorios y puede contribuir a incrementar la mortalidad prematura; también puede dañar la vegetación, afectar al crecimiento de cultivos y bosques, reducir la absorción de CO₂ por las plantas, alterar la estructura de los ecosistemas y reducir la biodiversidad.
- Material particulado. Estos indicadores cuantifican la eliminación de materia particulada, tanto de diámetro inferior a 10 micras (PM10) como inferior a 2.5 micras (PM2.5), obtenida mediante el arbolado urbano. Las PM están integradas por una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño y composición química muy variable; sólidas y/o líquidas, de origen tanto natural como antropogénico. Según el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, el foco más influyente es la combustión en sectores no industriales, tanto para las PM10 como para las PM2,5, seguida por el tráfico rodado (en el caso de las PM10) o por la agricultura (en el de las PM2,5).

- S₂O eliminado por la vegetación. El origen del SO₂ es principalmente antropogénico. Es un gas que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles que contienen azufre. El SO₂ puede producir efectos adversos sobre la salud, sobre la biodiversidad, los suelos y los ecosistemas acuáticos y forestales e incluso sobre las edificaciones, a través de procesos de acidificación (ácido sulfúrico).

En la Tabla 3 se incluyen las cantidades anuales de contaminantes eliminados de la atmósfera gracias al arbolado. Los datos de 2022 incluyen los datos registrados de enero a mayo. Se distingue entre San Fernando urbano y San Fernando no urbano, que es donde se concentra la mayor cantidad de arbolado.

Tabla 3. Cantidad anual de contaminantes eliminados de la atmósfera gracias al arbolado existente en San Fernando. Datos estimados mediante las herramientas de i-Tree.

		CO ₂	CO	NO ₂	O ₃	PM10	PM2,5	SO ₂
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
2020	No Urbano.	6.039,48	1.533,33	3.781,62	24.591,64	11.073,66	109,44	1.667,04
	Urbano	1.209,95	307,19	757,62	4.926,77	2.218,52	21,93	333,99
2021	No Urbano.	9.014,45	2.501,48	5.644,41	36.705,14	16.528,40	163,39	2.488,25
	Urbano	1.787,32	453,78	1.119,14	7.277,67	3.277,15	32,40	493,34
2022	No Urbano.	2.192,87	467,10	1.373,04	8.928,97	4.020,73	39,81	606,04
	Urbano	426,01	108,16	266,74	1.734,63	781,11	7,74	117,77

La correcta comunicación de los datos obtenidos a partir del registro de estos indicadores permite a técnicos y responsables de políticas municipales poner en valor ante la ciudadanía los beneficios, en términos de mejora de calidad del aire, derivados de la presencia de arbolado en entornos urbanos, pero también hacer una estimación de las emisiones compensadas, ya que la masa forestal almacena grandes cantidades de carbono.

CONCLUSIONES

El registro de información de origen satelital en relación con indicadores ecosistémicos y de modelo de ciudad en el municipio de San Fernando constituye una herramienta de gran utilidad para técnicos y responsables de políticas municipales, al identificar el grado de cumplimiento en cuanto a valores límite o recomendaciones de organismos independientes; señalando qué áreas o distritos constituyen los puntos críticos sobre los que plantear actuaciones de mejora encaminadas a paliar los efectos adversos del cambio climático en el municipio. Además, la disponibilidad de datos mensuales posibilita realizar un seguimiento continuo de la evolución de las medidas y la adopción de acciones correctoras en el caso de que los resultados obtenidos difieran de los esperados.

Además, una vez que se disponga de una línea base consistente, será posible contextualizar la información recopilada de San Fernando para compararla con otros municipios similares, permitiendo definir metas objetivas para aquellos indicadores para los que no se disponga de niveles de referencia.

La configuración de la herramienta garantiza que los datos adquiridos son transparentes y trazables, facilitando al consistorio las labores de comunicación a la ciudadanía, contribuyendo al cambio social y a la creación de conciencia pública en relación con la sostenibilidad y el cambio climático.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). 2014. Informe del Grupo de Trabajo II. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Disponible on-line: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- [2] [1] Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). 2007. Informe del Grupo de Trabajo II - Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad. Disponible on-line: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/es/contents.html.
- [3] Yu, X., Guo, X., Wu, Z. 2014. Land surface temperature retrieval from landsat 8 TIRScomparison between radiative transfer equationbased method, split window algorithm and single channel method. Remote Sensing, 6(10), 9829-9852. <https://doi.org/10.3390/rs6109829>.
- [4] AEMA, CE. (2012). Documento de trabajo de los servicios de la Comisión. Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo (Brussels, 15.5.2012, SWD (2012) 101 final/ 2). Disponible on-line: https://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_es.pdf.
- [5] García Alvarado, J., M., Pérez González, M. E., García Rodríguez, M. P. (2020). Soil sealing, fragmentation and ecological connectivity in the conurbation of Madrid (Spain) Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 85, 2884, 1–36. Disponible on-line: <https://doi.org/10.21138/bage.288>
- [6] García-Alvarado, J.M., Pérez González, M^a E., & García Rodríguez, P. 2014. Revisión del concepto de sellado de suelos y propuesta de tipología urbana. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 34, 87–103.
- [7] Martínez Martínez, J. 2014. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante, Investigaciones Geográficas, 62, julio- diciembre de 2014, 83-99.
- [8] Observatorio de la Sostenibilidad. 2021. Aumento de las temperaturas en las ciudades en España, 1983-2020.
- [9] Doick, K., Hutchings, T. 2013. Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure. Disponible on-line: https://www.researchgate.net/publication/259889679_Air_temperature_regulation_by_urban_trees_and_green_infrastructure/link/00b7d52e67ee8b094c000000/download