INFORME TÉCNICO DE HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES

Clima urbano y riesgo en Cartago

Hallazgos y recomendaciones para la Alcaldía de Cartago y la CVC a partir de los datos abiertos de BioMap

65,3 % de la población vive a más de 300 m de un parque de 0,5 ha o más

25.768
HABITANTES VIVEN EN EL 10 % MÁS CALIENTE DE LA SUPERFICIE URBANA

65,3
% DE LA POBLACIÓN VIVE A MÁS DE 300 M DE UN PARQUE DE 0,5 HA O MÁS

16.553
HABITANTES EN ÁREAS CON REGISTRO OFICIAL DE INUNDACIÓN DEL IDEAM

1,67
M² DE VERDE PÚBLICO POR HABITANTE; EL MÍNIMO NACIONAL DE ESPACIO PÚBLICO EFECTIVO ES 15

JHOAN SEBASTIÁN MOSQUERA CADAVID · JHOAN ESNEIDER MEJIA ORTIZ
GRADO 11-3 · JORNADA DE LA TARDE

DOCENTE MENTOR
ALVARO CARDENAS OROZCO, PHD

00

FICHA
TÉCNICA

Método

Toda cifra sale de los datos abiertos publicados en la plataforma BioMap Cartago y puede reproducirse con sus scripts.

DOCUMENTO

Ficha del informe

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Título	Clima urbano y riesgo en Cartago
Estudiantes responsables	Jhoan Sebastián Mosquera Cadavid Jhoan Esneider Mejia Ortiz
Grado y jornada	11-3 · Jornada de la tarde
Docente mentor	Alvaro Cardenas Orozco, PhD
Institución	I.E. Sor María Juliana · Cartago, Valle del Cauca
Proyecto	BioMap Cartago · https://alguarito.github.io/biomap-cartago/
Destinatarios	Despacho del Alcalde de Cartago Secretaría de Planeación, Medio Ambiente y Desarrollo Económico Subsecretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Agropecuario Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD) y Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) de Cartago Secretaría de Salud y Protección Social Secretaría de Educación Secretaría de Movilidad y Transporte Secretaría de Infraestructura Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) – Dirección Ambiental Regional (DAR) Norte
Fecha	Octubre de 2026
Alcance	Cabecera de Cartago: Comunas 1 a 7 y Zaragoza, con 139.554 habitantes estimados para 2026. Trata el calor de superficie, el clima del aire, la vegetación y el espacio verde público. También la inundación, los colegios y sedes de salud expuestos, la calidad del aire y el tráfico. Las cifras vienen de los datos abiertos de BioMap con corte al 1 de octubre de 2026. Las normas se verificaron en su fuente oficial en la misma fecha.
Normas de citación	APA, 7.ª edición
Licencia	Texto y diagramas: CC BY-NC-SA 4.0. Los datos conservan la licencia de su fuente (ver Referencias).

LO QUE ESTE INFORME NO ES

Este informe no reemplaza los estudios oficiales de amenaza, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) ni las mediciones de las autoridades ambientales. Sus cifras son estimaciones hechas con imágenes de satélite, censos, registros climáticos reconstruidos y mapas colaborativos. Sirven para comparar zonas y decidir por dónde empezar. Antes de ejecutar obras, deben verificarse en campo y con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la CVC y el POT.

00

ÍNDICE

DOCUMENTO

Qué contiene este informe

PARTE	LÁMINA
Resumen ejecutivo	04 – 05
Datos y método	06 – 08
Hallazgos	09 – 24
Priorización de zonas	25 – 26
Recomendaciones por dependencia	27 – 37
Limitaciones	38 – 39
Referencias	40 – 45

RESUMEN

En una frase

El calor, la falta de verde y las inundaciones afectan sobre todo a comunas distintas de Cartago. La ley ya dice qué le toca a cada dependencia.

RESUMEN EJECUTIVO

Lo que encontramos

Los datos abiertos de BioMap muestran que los problemas ambientales de Cartago no se reparten por igual. El calor de la superficie (suelos, calles y techos) se concentra en las Comunas 4, 5 y 6. Falta verde público en toda la ciudad: hay 1,67 m² por habitante. Los registros oficiales de inundación se concentran en la Comuna 7, la Comuna 1 y Zaragoza. Vienen del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). El aire también se calienta, entre +0,18 y +0,29 °C por década desde 1950. Y los días cálidos se multiplicaron por más de tres: de 37,0 por año en 1961–1990 a 129,7 en 2016–2025. Son los días que habrían estado entre el 10 % más caluroso de 1961–1990.

Varias acciones no son opcionales. La revisión del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) debe incluir el riesgo de desastres (Ley 1523 de 2012, art. 39). También debe incluir el cambio climático (Ley 1931 de 2018, art. 9). El POT debe fijar la meta de 15 m² de espacio público efectivo por habitante (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.3.2.7). Y la CVC debe medir los contaminantes del aire que fija la norma (Resolución 2254 de 2017, art. 2). Esa norma pone al ozono un máximo de 100 microgramos por metro cúbico (µg/m³), en promedios de 8 horas. El ozono que estima un modelo mundial de calidad del aire supera ese nivel algunos días al año. No hay una medición local que lo confirme. Las cifras de este informe son estimaciones para decidir por dónde empezar. Deben verificarse en campo antes de ejecutar obras.

25.768
HABITANTES VIVEN EN EL 10 % MÁS CALIENTE DE LA SUPERFICIE URBANA

65,3
% DE LA POBLACIÓN VIVE A MÁS DE 300 M DE UN PARQUE DE 0,5 HA O MÁS

16.553
HABITANTES EN ÁREAS CON REGISTRO OFICIAL DE INUNDACIÓN DEL IDEAM

1,67
M² DE VERDE PÚBLICO POR HABITANTE; EL MÍNIMO NACIONAL DE ESPACIO PÚBLICO EFECTIVO ES 15

QUÉ HACER PRIMERO

Detalle

Cada prioridad se desarrolla, con su fundamento legal y su indicador, en las recomendaciones por dependencia.

RESUMEN EJECUTIVO

Cinco prioridades

01 Incluir la inundación y el calor en la revisión del POT. Hoy 16.553 personas viven en áreas con registro de inundación del IDEAM. Y 25.768 viven en el 10 % de la ciudad con la superficie más caliente.

02 Verificar en campo el área urbana inundada en La Niña 2011 antes de invertir. Hay 6.009 habitantes que solo aparecen en esa área, y el área no coincide con el relieve.

03 Sembrar árboles en las manzanas habitadas de las Comunas 4, 5 y 6. Allí más de 1 de cada 3 personas (más del 33 %) vive en calor extremo de superficie, y menos del 5 % de su entorno tiene árboles.

04 Crear espacio verde público. Hoy hay 1,67 m² por habitante, frente a la meta mínima de 15 m² de espacio público efectivo. En las Comunas 2 y 3, más del 99 % de la gente vive lejos de un parque.

05 Medir el aire en Cartago. Las partículas finas (PM2,5) están entre 1,7 y 2,9 veces la guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Así lo estima un modelo mundial de calidad del aire. No hay una estación local verificada.

01

DATOS
Y MÉTODO

Rejilla común

520 × 428 celdas de unos 28 m sobre Cartago, en EPSG:4326.

DATOS Y MÉTODO

Cómo se obtuvieron las cifras

Las cifras salen de la plataforma BioMap Cartago (Mosquera Cadavid et al., 2026). BioMap procesa datos abiertos con programas que cualquiera puede repetir. Divide la ciudad en un mapa de cuadros de unos 28 m de lado y resume los resultados por zona. Las zonas son las Comunas 1 a 7, según los polígonos de OpenStreetMap, y Zaragoza, delimitada por su área construida (Colaboradores de OpenStreetMap, 2026; Zanaga et al., 2022). Cada indicador se calcula de dos maneras: sobre toda el área y según dónde vive la gente (ponderado por población).

La temperatura de superficie viene de las imágenes Landsat de la NASA y el USGS (Earth Resources Observation and Science Center [EROS Center], 2020c). La población viene del censo y de las proyecciones del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018, 2025). Los registros oficiales de inundación son del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], s. f.). El clima del aire viene de registros climáticos reconstruidos, los reanálisis ERA5 y ERA5-Land (Hersbach et al., 2020; Muñoz-Sabater et al., 2021). La calidad del aire viene del modelo mundial CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service [CAMS], s. f.). Para techos verdes y pavimentos no hay datos de Cartago. Sus cifras son estimaciones de BioMap a partir de un metaanálisis (Das et al., 2025).

Las normas se leyeron en su fuente oficial el 1 de octubre de 2026, y sus citas son textuales. Cada recomendación dice si cumple un deber legal de la entidad, si ejerce una competencia o si es una orientación técnica que ninguna norma impone.

FIGURA 1 **Flujo de trabajo, de los datos abiertos a las recomendaciones**



01

FUENTES
DE DATOS

DATOS Y MÉTODO

Fuentes de datos

Licencias

Cada fuente conserva su licencia; la geometría de OpenStreetMap se publica bajo ODbL.

DATO	FUENTE	PERIODO	RESOLUCIÓN	LICENCIA
Temperatura de superficie (LST)	USGS Landsat 8/9, Colección 2, Nivel 2 (EROS Center, 2020c); serie con Landsat 5 y 7 (EROS Center, 2020a, 2020b)	2022–2025 (78 escenas); serie 2000–2025	30 m (térmica 100 m)	Dominio público (USGS)
Verdor (NDVI)	Copernicus Sentinel-2 L2A (European Space Agency [ESA], 2022), vía Element 84 Earth Search	2024–2025	10 m	Copernicus, libre con atribución
Arbolado, área construida y agua	ESA WorldCover v200 (Zanaga et al., 2022)	2021	10 m	CC BY 4.0
Población	DANE: CNPV 2018 por manzana y proyección municipal por área (DANE, 2018, 2025); HRSL (Meta y Center for International Earth Science Information Network [CIESIN], 2022)	2026	Manzana, repartida en la rejilla de 28 m	DANE con atribución; CC BY 4.0
Altitud y susceptibilidad topográfica (HAND)	Copernicus DEM GLO-30 (ESA y Airbus, 2022); altura de dosel (Tolan et al., 2024); ríos de OpenStreetMap	Modelo estático	30 m	Libre con atribución; CC BY 4.0; ODbL
Agua en superficie	JRC Global Surface Water (Pekel et al., 2016)	1984–2021	30 m	Libre con atribución
Inundación: registros oficiales	IDEAM: amenaza por creciente súbita TR 50 años y áreas afectadas en eventos La Niña (IDEAM, s. f., 2025)	1988–2022	Escala no declarada	Servicio sin licencia declarada; La Niña 1988–2012: CC BY-SA 4.0
Índice de tráfico	Red vial de OpenStreetMap (Colaboradores de OpenStreetMap, 2026)	Instantánea del 1-10-2026	Rejilla de 28 m	ODbL 1.0

01

FUENTES
DE DATOS

Licencias

Cada fuente conserva su licencia; la geometría de OpenStreetMap se publica bajo ODbL.

DATOS Y MÉTODO

Fuentes de datos (continuación)

DATO	FUENTE	PERIODO	RESOLUCIÓN	LICENCIA
Parques, verde público y equipamientos	OpenStreetMap (Colaboradores de OpenStreetMap, 2026)	Instantánea del 1-10-2026	Vectorial	ODbL 1.0
Clima del aire	ERA5 y ERA5-Land (Hersbach et al., 2020; Muñoz-Sabater et al., 2021), vía Open-Meteo (s. f.-b); lluvia CHIRPS v3 (Funk et al., 2026)	1950–2025	0,1° y 0,25° (≈ 9–28 km)	CC BY 4.0
Validación del clima	IDEAM: normales climatológicas y estación Zaragoza (IDEAM, 2026)	Normales sucesivas; estación 2005–2023	Puntual	CC BY-SA 4.0
Calidad del aire	CAMS global (CAMS, s. f.), vía Open-Meteo (s. f.-a)	Ago. 2022 – sep. 2026	≈ 40 km	CC BY 4.0
Efecto de techos verdes y pavimentos	Metaanálisis de Das et al. (2025)	Estudios publicados	Superficie del elemento	Artículo científico

01

HALLAZGO 01

Implicación

Las acciones contra el calor deben empezar en las Comunas 4, 5 y 6. Allí coinciden más calor, menos árboles y más personas expuestas.

HALLAZGO 01

Calor urbano: la gente vive en las zonas más calientes

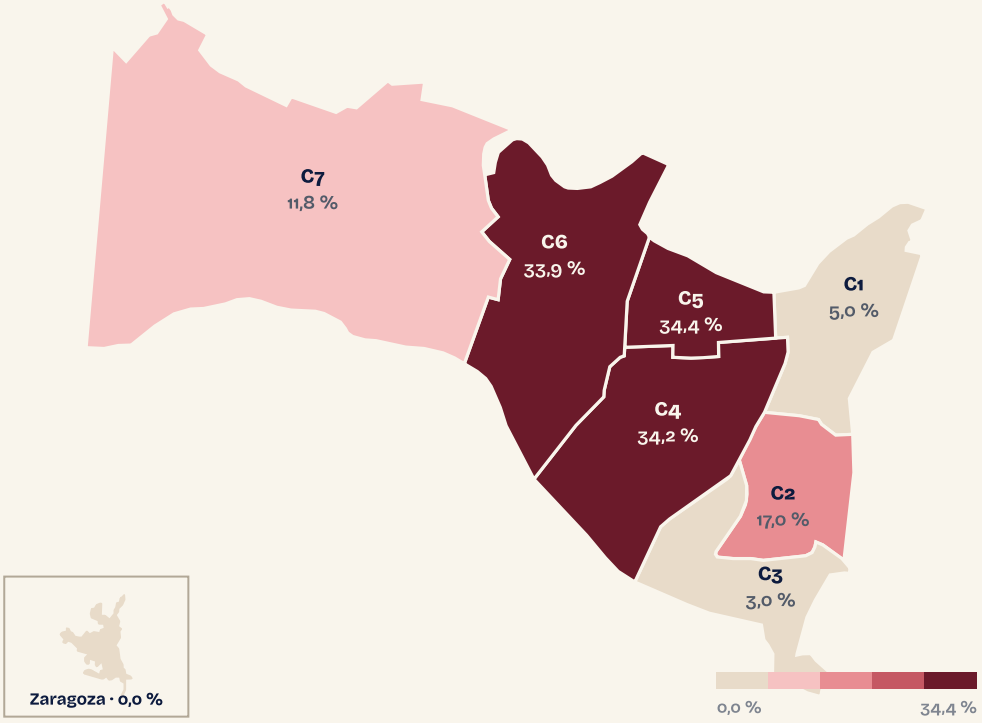
Casi 1 de cada 5 habitantes de la cabecera (18,5 %) vive en el 10 % de la ciudad con la superficie más caliente. Son 25.768 personas.

25.768 hab
VIVEN EN EL 10 % DE LA CIUDAD CON LA SUPERFICIE MÁS CALIENTE

8.860 hab
EN CALOR EXTREMO EN LA COMUNA 6, LA QUE MÁS SUMA

41,10 °C
TEMPERATURA MEDIA DE LA SUPERFICIE DONDE VIVE LA GENTE; EN TODA EL ÁREA, 38,73 °C

FIGURA 2 **Porcentaje de la población que vive en el 10 % de la ciudad con la superficie más caliente, por zona**



Donde vive la gente, la superficie está más caliente que el promedio de la ciudad. En promedio, la superficie donde vive cada habitante está a 41,10 °C a media mañana. El promedio de toda el área es 38,73 °C. Los datos vienen de imágenes de satélite de la NASA y el USGS (EROS Center, 2020c).

Este informe llama «calor extremo» al 10 % de la ciudad con la superficie más caliente. Es una medida relativa a Cartago: siempre habrá un 10 % del área por encima. Lo que importa es quién vive allí: el 18,5 % de la población.

01

HALLAZGO 01

HALLAZGO 01 · CONTINUACIÓN

Las Comunas 5, 4 y 6 tienen la mayor proporción de habitantes en calor extremo: 34,4 %, 34,2 % y 33,9 %. Es más de 1 de cada 3 personas. Por número de personas destacan la Comuna 6 (8.860) y la Comuna 4 (7.500). La Comuna 7 tiene poca área en calor extremo, solo el 2,1 %. Pero allí vive el 11,8 % de su población: 3.759 personas. Zaragoza no tiene ninguna zona en calor extremo.

La diferencia de temperatura de superficie entre la ciudad y el campo vecino se llama isla de calor. En 2013–2025 fue entre 0,9 y 1,3 °C mayor que en 2000–2012. No creció poco a poco: dio un salto entre 2012 y 2013, y no se sabe qué lo causó (EROS Center, 2020a, 2020b, 2020c). Junto al río La Vieja la superficie es más fresca. A menos de 100 m del cauce promedia 36,33 °C; a más de 500 m, 38,53 °C. En esa franja de 100 m junto al río no hay ninguna zona en calor extremo.

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

Es la temperatura de suelos, calles y techos a las 10:19 de la mañana, en días despejados. No es la temperatura del aire ni la máxima de la tarde. El umbral de calor extremo es relativo a la ciudad y no indica un riesgo para la salud.

Nota técnica. Temperatura de superficie (LST): mediana de 78 escenas Landsat 8/9 de 2022–2025, con paso a las 10:19 hora local. Calor extremo: celdas de unos 28 m con LST ≥ 42,85 °C (percentil 90 de las celdas de la cabecera), ponderadas con la capa de población 2026; la media ponderada por población es 41,10 °C y la media por área, 38,73 °C. Isla de calor: diferencia entre la cabecera y el campo a la misma altitud con Landsat 5, 7 y 8/9 (series/landsat.json).

02

HALLAZGO
02

Implicación

El calor dejó de ser excepcional. La planeación urbana y la salud pública deben tratarlo como una condición permanente y en aumento.

HALLAZGO 02

El aire de Cartago se calienta y los días cálidos se multiplican

Desde 1950, la temperatura media del aire en Cartago sube entre +0,18 y +0,29 °C por década. En 2016–2025 hubo más del triple de días cálidos que en 1961–1990.

+0,18
°C/década
POR DÉCADA DE CALENTAMIENTO DEL AIRE EN 1950–2025, SEGÚN UNA FUENTE; SEGÚN LA OTRA, +0,29

+0,55 °C
MÁS CÁLIDO EL DECENIO 2016–2025 QUE EL PROMEDIO DE 1991–2020

129,7
días/año
CÁLIDOS EN 2016–2025, FRENTE A 37,0 EN 1961–1990

FIGURA 3 **Diferencia de la temperatura media del aire de cada año frente al promedio de 1991–2020**



El aire de Cartago es hoy más cálido que a mediados del siglo pasado. Desde 1950, la temperatura media sube entre +0,18 y +0,29 °C por década. Si se mira solo el periodo 1981–2025, el ritmo es mayor: entre +0,24 y +0,44 °C por década.

Estas cifras vienen de registros climáticos reconstruidos, que combinan un modelo del tiempo con observaciones (Hersbach et al., 2020; Muñoz-Sabater et al., 2021). Describen bien los cambios a lo largo de los años. Hay dos registros, y la diferencia entre ellos es mayor que el margen de error de cada uno. Por eso se informa el rango. El IDEAM tiene cuatro estaciones cercanas con promedios de 30 años sucesivos (normales climatológicas). La comparación con ellas sugiere un calentamiento de entre +0,00 y +0,30 °C por década, pero es solo indicativa (IDEAM, 2026).

El decenio 2016–2025 fue 0,55 °C más cálido que el promedio de 1991–2020. El año 2024 fue el más cálido de la serie: 1,37 °C por encima de ese promedio. Un día cálido es aquel con una temperatura máxima muy alta para su época del año. El límite es la máxima que, en 1961–1990, solo superaba el 10 % de los días de esa época. Hubo 37,0 en 1961–1990, 71,8 en 1991–2020 y 129,7 en 2016–2025. Desde 1981 aumentan 23,9 días por década.

02

HALLAZGO
02

HALLAZGO 02 · CONTINUACIÓN

El municipio ya analizó las olas de calor entre sus riesgos climáticos (Municipio de Cartago, s. f.). Y el Valle del Cauca formuló en 2023 un plan integral de gestión del cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.).

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

Estos registros describen cuadros de entre 9 y 28 km de lado, así que no ven la isla de calor ni las diferencias entre barrios. Marcan varios grados menos que las estaciones. Y el ritmo de calentamiento cambia según el registro que se use.

Nota técnica. Reanálisis ERA5-Land (0,1°) y ERA5 (0,25°) vía Open-Meteo; la figura muestra la anomalía de ERA5-Land frente a 1991–2020. Tendencias por mínimos cuadrados en 1950–2025: ERA5-Land +0,18 °C/década (IC 95 % +0,14 a +0,21) y ERA5 +0,29 (IC 95 % +0,24 a +0,34), significativas también con Mann-Kendall y con el ajuste por autocorrelación. Días cálidos: índice TX90p (ETCCDI), base 1961–1990; sirve para comparar frecuencias entre periodos largos, no para alertas diarias.

03

HALLAZGO
03

Implicación

La siembra debe llegar a las manzanas habitadas de las Comunas 4, 5 y 6, donde hoy casi no hay árboles.

HALLAZGO 03

Menos verdor en la ciudad construida y pocos árboles donde vive la gente

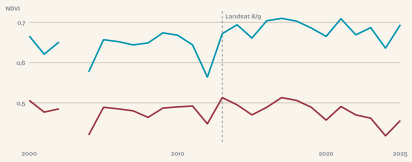
Entre 2013 y 2025, el verdor de la vegetación bajó en la cabecera y no en el campo vecino. La caída aparece con las cinco formas de calcularla, pero sin 2024 y 2025 ya no es segura.

5 de 5
FORMAS DE CÁLCULO MUESTRAN UNA CAÍDA CLARA DEL VERDOR URBANO EN 2013–2025; SIN 2024 Y 2025, 4 DE 5

5,4 %
DEL ENTORNO DONDE VIVE LA GENTE TIENE ÁRBOLES, AUNQUE EL 21,5 % DEL ÁREA SÍ LOS TIENE

2,5 %
DE ÁRBOLES DONDE VIVE LA GENTE EN LA COMUNA 4

FIGURA 4 **Verdor medio de la vegetación cada año en la cabecera y en el campo vecino a la misma altitud**



Cabecera (media) Campo a la misma altitud (media)

La vegetación de la cabecera se ve menos verde desde 2013 en las imágenes de satélite de la NASA y el USGS (EROS Center, 2020c). En el índice de verdor, donde los valores cercanos a 1 indican vegetación densa, la caída va de 0,044 a 0,111 por década. El campo vecino, a la misma altitud, sirve de comparación y no cambia. La caída también aparece en las zonas que ya estaban construidas en 2000. Por eso no se explica solo por la construcción de barrios nuevos.

Pero hay una duda importante. En 2024 y 2025, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) cambió parte del procesamiento de las imágenes. Sin esos dos años, cuatro de las cinco formas de cálculo siguen mostrando la caída. La quinta, el promedio de toda la cabecera que muestra la figura, ya no la confirma.

Además, hay pocos árboles donde vive la gente. Según un mapa satelital de coberturas de 2021, el 21,5 % del área de la cabecera tiene árboles (Zanaga et al., 2022). Pero en el entorno donde vive la gente, la proporción baja a 5,4 %. Las comunas con menos árboles junto a las viviendas son la 4 (2,5 %), la 5 (3,4 %) y la 6 (4,6 %). Son las mismas con más calor. Por habitante, la Comuna 1 tiene 9,1 m² de área con árboles, y la Comuna 7, 50,2 m².

03

HALLAZGO
03

HALLAZGO 03 · CONTINUACIÓN

Hay imágenes europeas más detalladas, de 10 m, pero en la plataforma solo cubren 2024 y 2025 (ESA, 2022). El valor típico del verdor en la cabecera fue 0,334 en 2024 y 0,363 en 2025. Dos años no bastan para medir una tendencia, y las fechas de esas imágenes se reparten de forma desigual entre los meses. Por eso la diferencia entre ambos años es solo indicativa. Antes de usar la caída para decidir dónde se perdió vegetación, hay que contrastarla. Sirven las imágenes europeas desde 2017 o la revisión visual de fotos aéreas o de satélite.

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

Sin 2024 y 2025, la caída del verdor ya no es segura, y nadie la ha confirmado con otra fuente. Su tamaño depende de cómo se calcule. El mapa de árboles es de 2021 y cuenta menos árboles de calle de los que hay.

Nota técnica. NDVI Landsat 8/9 2013–2025: pendiente de Sen con Mann-Kendall y MCO en cinco variantes (mediana y media del polígono, núcleo construido, mediana por escena y celdas construidas en 2000: −0,044/década, IC 95 % −0,058 a −0,026); el campo de control da −0,013 a −0,001/década, sin tendencia. Sin 2024–2025, la media del polígono, que muestra la figura, deja de ser significativa (p = 0,06); la mediana exagera la caída porque la cabecera es bimodal. Arbolado: clase árboles de ESA WorldCover 2021 v200; NDVI Sentinel-2 L2A, mediana por fecha de la cabecera en 2024 (67 fechas) y 2025 (63 fechas).

04

HALLAZGO
04

Implicación

Para llegar a 15 m² por habitante hay que crear espacio público nuevo, no solo cuidar el que existe. Conviene empezar por las Comunas 2 y 3.

HALLAZGO 04

Poco espacio verde público, y lejos de casa

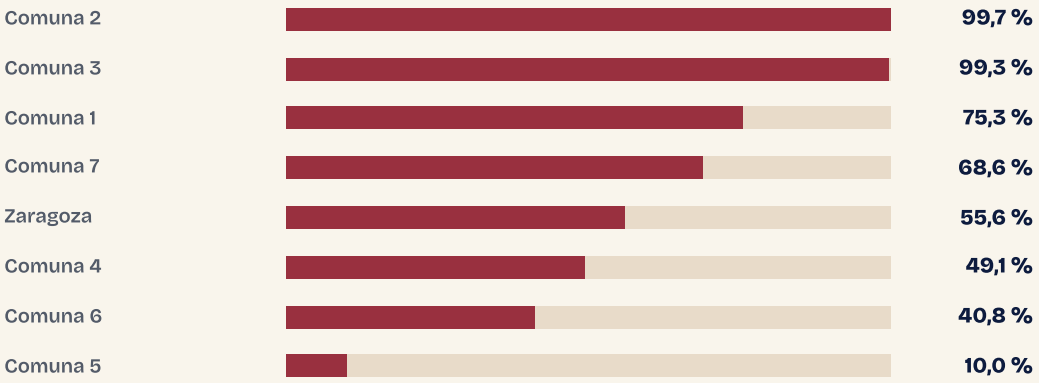
La cabecera tiene 1,67 m² de verde público por habitante. Casi 2 de cada 3 personas (65,3 %) viven a más de 300 m de un parque de al menos 0,5 ha.

1,67 m²/hab
DE VERDE PÚBLICO MAPEADO; LA META MÍNIMA DE ESPACIO PÚBLICO EFECTIVO ES 15

65,3 %
DE LA POBLACIÓN A MÁS DE 300 M DE UN VERDE PÚBLICO DE 0,5 HA O MÁS

91.084 hab
VIVEN A MÁS DE 300 M DE UN PARQUE EN LA CABECERA

FIGURA 5 **Población que vive a más de 300 m de un verde público de 0,5 ha o más, por zona**



La ley obliga al POT a fijar una meta mínima de 15 m² de espacio público efectivo por habitante (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.3.2.7). La meta debe alcanzarse durante la vigencia del plan, y viene del Decreto 1504 de 1998. El verde público que BioMap mide en OpenStreetMap, el mapa colaborativo, es apenas el 11,1 % de ese mínimo.

Los dos conceptos no son iguales: el espacio público efectivo también incluye plazas y plazoletas. Pero el orden de magnitud coincide con el diagnóstico del POT que cita la Financiera de Desarrollo Territorial (2022): 1,68 m² por habitante en 2021. En 2010, el promedio nacional estimado era 3,3 m² (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2012).

04

HALLAZGO
04

HALLAZGO 04 · CONTINUACIÓN

El criterio de 300 m no está en el decreto. Es la propuesta de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para medir el acceso (WHO Regional Office for Europe, 2016). Equivale a unos cinco minutos a pie hasta un verde de al menos 0,5 ha. Con ese criterio, casi toda la población de la Comuna 2 (99,7 %) y de la Comuna 3 (99,3 %) queda lejos de un parque. La Comuna 3 no tiene ningún verde público en el mapa. Por número de personas, el mayor déficit está en la Comuna 7 (21.794) y la Comuna 1 (16.600). La Comuna 5, en el centro, es la única con acceso casi general: solo el 10,0 % de su población está lejos.

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

OpenStreetMap no está completo. Además, el cálculo cuenta como público todo verde que el mapa no marca como de acceso restringido. La población con un parque a menos de 300 m va del 13,4 % al 70,9 %. Depende del tamaño mínimo de parque que se exija y del verde que falte en el mapa. Con el criterio de este informe, es poco más de 1 de cada 3 personas.

Nota técnica. Distancia en línea recta desde cada celda poblada de unos 28 m hasta el borde de los 53 polígonos de verde público de OpenStreetMap; solo cuentan los componentes de 0,5 ha o más. El orden de las comunas por acceso no es robusto al cambiar el umbral de tamaño (series/verdes.json → sensibilidad).

05

HALLAZGO 05

Implicación

Antes de invertir en obras en las Comunas 7, 6 y 4, hay que verificar con registros municipales qué barrios se inundaron en 2010–2011.

HALLAZGO 05

Inundación: lo que dicen los registros oficiales del IDEAM

16.553 personas, el 11,9 % de la cabecera, viven donde el IDEAM registra amenaza alta de creciente súbita o inundaciones pasadas. Sin el área urbana dudosa de La Niña 2011, serían 10.545 (7,6 %).

16.553 hab
EN ÁREAS CON REGISTRO OFICIAL DE INUNDACIÓN DEL IDEAM

3.932 hab
EN AMENAZA ALTA POR UNA CRECIENTE SÚBITA QUE SE ESPERA, EN PROMEDIO, UNA VEZ CADA 50 AÑOS

30,1 %
DE LA COMUNA 7 CON REGISTRO; 19,3 % SIN LA NIÑA 2011

TABLA **Población con registro oficial de inundación del IDEAM, con y sin el área urbana inundada en La Niña 2011**

ZONA	HABITANTES CON REGISTRO	CON LA NIÑA 2011	SIN LA NIÑA 2011
Comuna 7	9.567	30,1 %	19,3 %
Comuna 1	3.199	14,5 %	14,5 %
Zaragoza	577	13,6 %	13,6 %
Comuna 6	1.901	7,3 %	1,3 %
Comuna 4	1.299	5,9 %	1,3 %
Comuna 3	8	0,1 %	0,1 %
Comuna 5	2	0,0 %	0,0 %
Comuna 2	0	0,0 %	0,0 %
Cabecera	16.553	11,9 %	7,6 %

El IDEAM publica dos registros oficiales útiles para Cartago (IDEAM, s. f.). El primero marca la amenaza alta por una creciente súbita que se espera, en promedio, una vez cada 50 años. En Cartago cubre las corrientes de la cuenca directa del río La Vieja, es decir, las que drenan directamente a ese río. El segundo marca las áreas que se inundaron en los eventos La Niña de 1988 a 2022.

05

HALLAZGO 05

HALLAZGO 05 · CONTINUACIÓN

En amenaza alta viven 3.932 personas. La mayoría, 3.199, está en la Comuna 1, junto al La Vieja, a una distancia típica de 80 m del eje del río. Otras 577 viven en Zaragoza, junto a corrientes menores a 6 km del río. En las áreas inundadas en eventos La Niña viven hoy 12.782 personas; 9.567 de ellas, en la Comuna 7. Son habitantes de 2026, no las personas afectadas en cada evento.

El área urbana inundada en La Niña 2011 exige cautela. Una zona inundable suele estar más baja que su entorno, y esta no lo está. Su altura típica sobre el cauce es 9,6 m, y la de la ciudad no inundada, 9,3 m. El área de 1988, en cambio, sí está más baja. Además, el IDEAM advierte que estas capas no han sido validadas (IDEAM, 2025).

De esa área de 2011 depende el 36 % de la cifra total. Hay 6.009 personas que solo aparecen en ella: 3.439 en la Comuna 7, 1.559 en la Comuna 6 y 1.011 en la Comuna 4. Sin ella, la Comuna 7 baja de 30,1 % a 19,3 %. La Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de Cartago (2025) ya advierte que el La Vieja y el Cauca pueden desbordarse.

BioMap también calcula con el relieve qué zonas podrían inundarse con más facilidad. Ese cálculo no es la amenaza oficial y no coincide con los registros del IDEAM: solo 172 habitantes quedan en su clase alta. Por eso la priorización usa los registros del IDEAM. La amenaza oficial del municipio está en los planos del POT, que este informe no sustituye (Acuerdo 023 de 2013).

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

El IDEAM no dice con qué nivel de detalle dibujó las áreas de La Niña, y sus bordes son imprecisos. Si esos bordes se corren unos 55 m hacia adentro o hacia afuera, la población con registro va de 11.624 a 24.098 habitantes.

Nota técnica. Registro oficial = amenaza ALTA por creciente súbita TR 50 años ∪ áreas afectadas por La Niña 1988, 2000, 2011, 2012, 2016 y 2020–2022 (IDEAM), asignado por centro de celda. Coherencia con el relieve (HAND, altura sobre el drenaje): probabilidad de que una celda de la mancha esté más baja que una de fuera (2011 urbana: 0,51; 1988 urbana: 0,65; 0,5 = sin diferencia). La susceptibilidad topográfica de BioMap es la clase HAND alta; la sensibilidad de bordes reduce y amplía las manchas unos 55 m.

06

HALLAZGO 06

Implicación

Las Secretarías de Educación y de Salud deben cruzar sus registros oficiales de sedes con los mapas de BioMap. Así sabrán cuáles de todas sus sedes están expuestas.

HALLAZGO 06

Colegios, sedes de salud y otros servicios expuestos

En la cabecera hay 34 colegios, sedes de salud y otros servicios mapeados en OpenStreetMap. De ellos, 4 están en calor extremo de superficie; 3 de esos 4 superan el límite por menos de 0,5 °C. Uno está en amenaza alta por creciente súbita, y 3 en áreas inundadas en eventos La Niña.

4 de 34
SERVICIOS MAPEADOS EN CALOR EXTREMO DE SUPERFICIE

15 de 34
A MÁS DE 300 M DE UN VERDE PÚBLICO DE 0,5 HA

26 %
DE LAS SEDES EDUCATIVAS DEL REGISTRO DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN (OFICIALES Y PRIVADAS) APARECE EN OPENSTREETMAP

TABLA **Colegios, sedes de salud y otros servicios mapeados que están en calor extremo de superficie o en áreas con registro de inundación del IDEAM**

EQUIPAMIENTO (OSM)	ZONA	EXPOSICIÓN
Universidad Remington	Comuna 6	Calor extremo (43,40 °C)
Hospital Sagrado Corazón de Jesús	Comuna 1	Calor extremo (43,21 °C), en el umbral; a más de 300 m de un parque
Sor María Anastasia (colegio)	Comuna 6	Calor extremo (43,04 °C), en el umbral
Respirar Unidad Pediátrica	Comuna 5	Calor extremo (42,99 °C), en el umbral
CAI Puente Bolívar	Comuna 1	Amenaza alta por creciente súbita (IDEAM); tráfico alto
I.E. Indalecio Penilla	Comuna 7	Área afectada en La Niña 2011 (verificar)
Oncólogos de Occidente	Comuna 6	Área afectada en La Niña 2011 (verificar)
The flying cockpits	Comuna 7	Área afectada en La Niña 1988

Los 34 servicios son colegios, universidades, sedes de salud, un hogar geriátrico, bomberos, policía y la alcaldía. Cuatro están en calor extremo de superficie. Son la Universidad Remington (43,40 °C) y el Hospital Sagrado Corazón de Jesús (43,21 °C). También el colegio Sor María Anastasia (43,04 °C) y Respirar Unidad Pediátrica (42,99 °C). Los tres últimos superan el límite por menos de 0,5 °C, así que su clasificación es frágil.

06

HALLAZGO 06

HALLAZGO 06 · CONTINUACIÓN

Otros seis están justo por debajo del límite, a menos de 0,5 °C. Son la IPS Municipal de Cartago y la Estación de Policía El Berlín. Están además las sedes educativas I.E. Alfonso López Pumarejo, Escuela Caldas, Manuel Quintero Penilla y Lastenia Durán Vernaza (de la I.E. Sor María Juliana).

El puesto de policía CAI Puente Bolívar está en la zona de amenaza alta por creciente súbita del IDEAM. Tres sedes están en áreas inundadas en eventos La Niña: la I.E. Indalecio Penilla (2011), Oncólogos de Occidente (2011) y The flying cockpits (1988). Las dos que dependen solo del registro de 2011 deben verificarse en campo. Ningún servicio mapeado está en la clase alta del cálculo por relieve de BioMap. Tres están en zonas de tráfico alto.

OpenStreetMap tiene cerca del 26 % de las sedes educativas, oficiales y privadas, del registro del Ministerio de Educación (Ministerio de Educación Nacional, 2026). También tiene el 11 % de las sedes de instituciones prestadoras de salud del registro oficial (Ministerio de Salud y Protección Social, 2026). Son comparaciones gruesas, no un cruce sede por sede. Pero indican que la lista real de sedes expuestas puede ser bastante mayor que la de este informe.

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

Cada servicio es un punto en un cuadro del mapa de unos 28 m, y la temperatura se mide en cuadros de 100 m. Por eso el dato describe el entorno, no el edificio. Además, el inventario de OpenStreetMap está incompleto.

Nota técnica. Equipamientos de OpenStreetMap deduplicados (en la cabecera, etiquetas amenity: 17 school, 2 college, 3 university, 5 clinic, 2 hospital, 1 nursing_home, 1 fire_station, 2 police y 1 townhall), un punto por equipamiento asignado a su celda de unos 28 m. Calor extremo: LST 2022–2025 de la celda ≥ 42,85 °C (percentil 90 de la cabecera), con resolución térmica nativa de 100 m; «en el umbral» = a menos de 0,5 °C del corte; tráfico alto = índice ≥ 60. Cobertura en el municipio: 17 colegios y jardines de OSM frente a 65 sedes del MEN (26 %) y 7 sedes de salud frente a 63 sedes de IPS del REPS (11 %).

07

HALLAZGO 07

Implicación

Sin medición local no se puede saber si Cartago cumple la norma. Medir el aire es el primer paso para cualquier medida de salud o de tránsito.

HALLAZGO 07

Aire regional sobre la guía de la OMS y tráfico concentrado en el centro

Las partículas finas (PM2,5) del aire de la región están entre 1,7 y 2,9 veces la guía anual de la OMS. Así lo estima un modelo mundial de calidad del aire. El ozono que estima el modelo supera algunos días al año el nivel de 8 horas de la norma colombiana. El dióxido de nitrógeno no permite una conclusión.

1,7 veces
LA GUÍA DE LA OMS PARA PARTÍCULAS FINAS (PM2,5), EN LA VERSIÓN MÁS BAJA DEL MODELO; EN LA MÁS ALTA, 2,9

8.374 hab
(6,0 %) VIVEN DONDE EL ÍNDICE DE CERCANÍA AL TRÁFICO ES DE 60 O MÁS, SOBRE 100

17,7 %
DE LA COMUNA 1 EN TRÁFICO ALTO, LA MAYOR PROPORCIÓN

TABLA **Partículas finas (PM2,5) y dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire regional, por versión del modelo (µg/m³)**

VERSIÓN	PERIODO	PM2,5	VECES LA GUÍA OMS (5)	NO_2 (GUÍA: 10)
47r3	ago. 2022 – jun. 2023	14,7	2,9	9,1
48r1	jun. 2023 – nov. 2024	9,2	1,8	7,5
49r1	nov. 2024 – may. 2026	12,6	2,5	10,9
50r1	may. 2026 – sep. 2026	8,5	1,7	6,7

Las cifras de contaminación de este hallazgo vienen de un modelo mundial de calidad del aire, del programa europeo Copernicus. El modelo estima el aire de fondo del valle en cuadros de unos 40 km, no el de una calle. Cambió de versión tres veces desde 2022; por eso los resultados se dan por versión. Ninguna de estas cifras se ha validado con mediciones en Cartago.

Según el modelo, el aire de la región tiene más partículas finas (PM2,5) de las que recomienda la OMS. Su promedio va de 8,5 a 14,7 microgramos por metro cúbico (µg/m³), según la versión del modelo. En las cuatro versiones supera la guía anual de la OMS, de 5 µg/m³ (World Health Organization, 2021). Pero queda por debajo del máximo anual de la norma colombiana, de 25 µg/m³ (Resolución 2254 de 2017, art. 2). Los días con más de 15 µg/m³ van de unos 20 a unos 160 por año. La guía de la OMS solo admite 3 o 4.

07

HALLAZGO
07

HALLAZGO 07 · CONTINUACIÓN

El ozono modelado, en cambio, sí pasa algunos días al año el nivel de la norma colombiana. La Resolución 2254 de 2017 fija un máximo de 100 µg/m³ en 8 horas. Según la versión del modelo, lo supera entre 9 y 31 días por año. Esto no prueba un incumplimiento, porque la norma se verifica con estaciones de medición. La OMS usa el mismo nivel y solo admite 3 o 4 días por año. El dióxido de nitrógeno (NO_2) promedia entre 6,7 y 10,9 µg/m³ en la región. Solo una versión supera la guía de la OMS, de 10 µg/m³, así que no se puede afirmar que la exceda.

La CVC reporta el aire de 9 municipios del Valle con monitoreo (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca [CVC], 2024, p. 107). En 7 de ellos, las partículas de hasta 10 micras (PM10) están por debajo de la norma anual vigente. Pero tienden a superar el nivel de 30 µg/m³ que regirá desde 2030. Su Plan de Acción no dice si Cartago tiene estación.

La exposición al tráfico se mide con un índice de cercanía a vías, de 0 a 100, y no con mediciones de contaminación. En zonas con índice de 60 o más viven 8.374 personas (6,0 %). Están sobre todo en la Comuna 1 (3.901; 17,7 %) y en la Comuna 5 (15,8 %). La gente vive más cerca de las vías que el promedio del territorio. El índice es 32,9 donde vive la gente, frente a 25,7 en toda el área.

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

Un modelo que ve cuadros de unos 40 km no sirve para declarar si se cumple la Resolución 2254 de 2017. Esa norma se verifica en cada punto de medición. Por eso ni el ozono modelado ni las demás cifras prueban un incumplimiento. El índice de tráfico depende solo del mapa de vías.

Nota técnica. CAMS global (CAMS, s. f.) vía Open-Meteo, 2022-08-03 a 2026-09-30, resumido por ciclo del modelo (47r3, 48r1, 49r1, 50r1) sin el día de cambio; desde el 12-11-2024 cambió la fórmula del PM2,5, así que las diferencias entre versiones no son tendencias. Ozono: días con máximo diario de la media móvil de 8 h > 100 µg/m³ por cada 365 días válidos (31,3; 8,7; 24,8; 10,4), a condiciones locales; corregidos a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg, factor supuesto de 1,116) serían más. Índice de tráfico: cercanía a vías de OpenStreetMap ponderada por su categoría, de 0 a 100.

08

HALLAZGO 08

Implicación

Donde haya que elegir, poner árboles en lugar de superficie construida se asocia con una superficie más fresca que sembrar sobre pasto. Son −0,81 frente a −0,21 °C de temperatura de superficie por cada 10 puntos porcentuales del área.

HALLAZGO 08

Qué intervenciones se asocian con menor temperatura de superficie

En Cartago, más árboles se asocian con superficies más frescas. La comparación se hace por cada 10 puntos porcentuales más de área con árboles (por ejemplo, de 20 % a 30 %). Si ocupan el lugar de superficie construida (techos y pavimentos), se asocian con una superficie 0,81 °C más fresca. Si ocupan el lugar de pasto, con una 0,21 °C más fresca.

−0,81 °C
POR 10 PUNTOS PORCENTUALES DE ÁRBOLES EN LUGAR DE SUPERFICIE CONSTRUIDA (TECHOS Y PAVIMENTOS)

−0,21 °C
POR 10 PUNTOS PORCENTUALES DE ÁRBOLES EN LUGAR DE PASTO O LOTE

79 %
DE LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA ENTRE ZONAS QUE EXPLICA EL MODELO LOCAL, CON 1.245 CUADROS DE UNOS 111 M

TABLA **Cambio de la temperatura de superficie por cada 10 puntos porcentuales del área intervenida (°C). Origen «Cartago»: calibración local; «Literatura»: estimación de BioMap a partir de Das et al. (2025)**

INTERVENCIÓN	ORIGEN	°C POR 10 PP	INTERVALO
Arbolado en lugar de superficie construida	Cartago	−0,81	−0,86 a −0,76 (IC 95 %)
Arbolado en lugar de pasto o lote	Cartago	−0,21	−0,28 a −0,14 (IC 95 %)
Techo verde en lugar de techo convencional	Literatura	−1,09	−1,53 a −0,65 (IC 95 %); sitio nuevo: −3,03 a +0,85
Pavimento frío sobre asfalto	Literatura	−0,55	−0,68 a −0,41 (IC 95 %)
Pavimento permeable	Literatura	+0,17	Más caliente en promedio

Las zonas de Cartago con más árboles tienen superficies más frescas. La relación es más fuerte cuando los árboles ocupan el lugar de superficie construida, es decir, de techos y pavimentos. Entonces se asocian con 0,81 °C menos por cada 10 puntos porcentuales del área (por ejemplo, de 20 % a 30 %). Cuando ocupan el lugar de pasto, la diferencia es de 0,21 °C. Para medirlo, BioMap comparó 1.245 cuadros de unos 111 m de lado en la cabecera. Su modelo explica el 79 % de las diferencias de temperatura de superficie entre ellos. Es una comparación entre lugares distintos de la ciudad, no el efecto medido de una obra.

08

HALLAZGO
08

HALLAZGO 08 · CONTINUACIÓN

Para techos verdes y pavimentos no hay datos de Cartago. Sus cifras son estimaciones de BioMap a partir del metaanálisis de Das et al. (2025). Ese metaanálisis reúne estudios que midieron cuánto cambia la temperatura del propio techo o pavimento. BioMap escaló esa diferencia según el área cubierta, con el supuesto de que el efecto crece en proporción al área. Así estima −1,09 °C por cada 10 puntos para los techos verdes, con un rango probable de −1,53 a −0,65 °C. Los resultados de los estudios varían mucho entre sí. Para el pavimento frío sobre asfalto, la estimación es −0,55 °C, con un rango probable de −0,68 a −0,41 °C.

Los pavimentos permeables estuvieron en promedio más calientes. La estimación de BioMap a partir del mismo metaanálisis es +0,17 °C. Por eso no deben presentarse como medida contra el calor. Sobre el dióxido de nitrógeno no hay base para calcular efectos. En calles estrechas, los árboles de copa alta pueden empeorar la calidad del aire (Abhijith et al., 2017).

El espacio disponible limita lo posible. La Comuna 4 tiene el 20,8 % de su área en pasto y lotes donde sembrar. La Comuna 5 solo tiene el 0,3 %, así que allí los árboles tendrán que ganarle espacio a la superficie construida. BioMap fija además un piso para el simulador: ninguna zona debería bajar de 35,05 °C. Esa es la temperatura de superficie del bosque urbano observado.

QUÉ TAN SEGURO ES ESTE DATO

Las cifras de Cartago son asociaciones entre lugares, no efectos medidos de obras. Las de techos verdes y pavimentos son estimaciones de BioMap con datos de otros climas y materiales. El rango probable de los techos verdes no recoge la gran diferencia entre estudios: en un sitio concreto podrían no enfriar.

Nota técnica. Modelo local: LST = b0 + b1·arbolado + b2·construido + b3·agua + b4·altitud del terreno; N = 1.245, R^2 = 0,79, RMSE 1,41 °C; IC 95 % por bootstrap de bloques espaciales de 500 m: árboles en lugar de pasto −0,21 (−0,28 a −0,14) y árboles en lugar de superficie construida, b1 − b2, −0,81 (−0,86 a −0,76); categoría de referencia: pasto, cultivo y suelo desnudo. Techos verdes y pavimentos: diferencias de temperatura de superficie del elemento según el metaanálisis de Das et al. (2025) [techo verde −10,88 °C, IC 95 % −15,26 a −6,50, I^2 92 %; pavimento modificado frente a asfalto −5,45 °C, IC 95 % −6,75 a −4,15; permeable +1,74 °C, IC 95 % +0,81 a +2,68], escaladas por BioMap por área con un supuesto de mezcla lineal (ΔLST = X/100 · ΔT del elemento). Intervalo de predicción aproximado de BioMap para techos verdes en un sitio nuevo: −3,03 a +0,85 °C por 10 puntos porcentuales.

P

DÓNDE INTERVENIR PRIMERO

Sensibilidad

*Rango: puestos que ocupa la zona al cambiar de variante de criterio o al quitar uno a la vez.

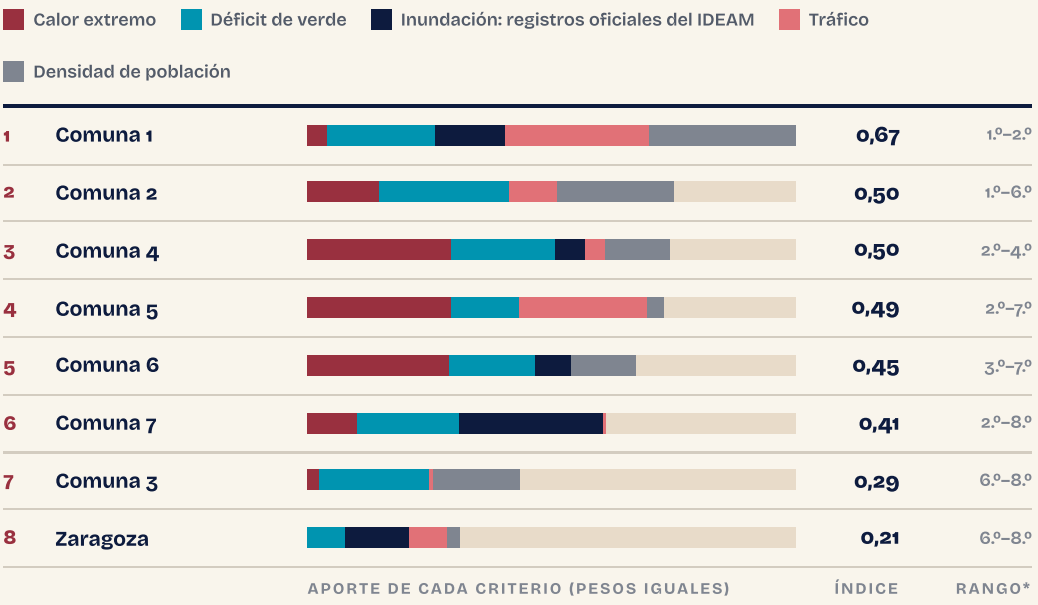
PRIORIZACIÓN

¿Dónde intervenir primero?

El índice de prioridad ordena las ocho zonas con cinco criterios del mismo peso. Son calor extremo, falta de verde, inundación según el IDEAM, tráfico y densidad de población. Cada criterio se pasa a una escala de 0 a 1. En casi todos, el 1 corresponde a la zona en peor situación de las ocho, y el 0, a la menos afectada. La falta de verde es la excepción: promedia dos medidas y va de 0,25 a 0,90, así que con pesos iguales influye algo menos. Luego se promedian. El índice sirve para ordenar la discusión. Los pesos los decide quien usa la plataforma, y un valor bajo no significa que el problema no exista.

Con pesos iguales, la Comuna 1 es la primera, con 0,672 sobre 1. Se mantiene en los dos primeros puestos en los 17 escenarios de prueba con otros supuestos. Las Comunas 2 (0,503), 4 (0,497) y 5 (0,492) están prácticamente empatadas. La 4 es la más estable: siempre queda entre el 2.º y el 4.º puesto. La Comuna 7 es la que más cambia según los supuestos. Si se cuentan personas en vez de porcentajes, sube al segundo lugar; sin el criterio de inundación, baja al séptimo. La Comuna 3 y Zaragoza quedan entre los tres últimos puestos en todos los escenarios.

FIGURA 6 **Índice de prioridad por zona y aporte de cada criterio**



S

SIMULADOR

Asociación, no causalidad

Los coeficientes de Cartago comparan lugares distintos de la ciudad; no miden el antes y el después de una obra.

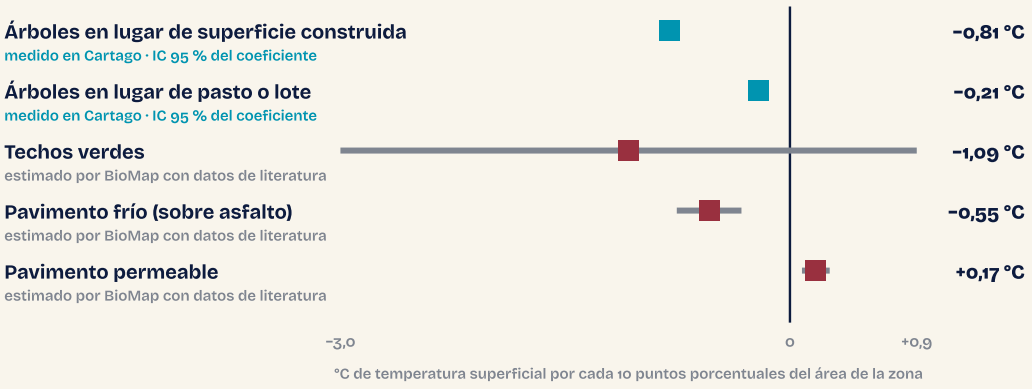
SIMULADOR CALIBRADO

Cómo leer las cifras del simulador

Cada fila muestra el cambio de temperatura de superficie que el simulador asigna a una intervención. Se calcula por cada 10 puntos porcentuales más del área de la zona (por ejemplo, de 20 % a 30 %). Las barras verdes muestran el rango probable de la relación calculada con datos de Cartago. Esa relación compara zonas de la ciudad; no es el efecto medido de una obra. Las grises son estimaciones de BioMap a partir del metaanálisis de Das et al. (2025). Para techos verdes y pavimento frío, muestran el rango en que caería el efecto en un sitio nuevo. En los techos verdes ese rango va de −3,03 a +0,85 °C: en un sitio concreto podrían no enfriar.

Los efectos solo se suman si actúan sobre superficies distintas. Cada intervención tiene además un tope. Los árboles no pueden pasar del pasto o de la superficie construida disponible. El pavimento frío no puede pasar de las calzadas, ni los techos verdes de los techos. Una cifra del simulador es un orden de magnitud para comparar opciones. No es una promesa de enfriamiento.

FIGURA 7 **Cambio de temperatura superficial por cada 10 puntos porcentuales del área intervenida**



01

RECOMENDACIONES

Contexto

El POT vigente es el Acuerdo 015 de 2000, ajustado por última vez con el Acuerdo 023 de 2013. El Plan de Desarrollo 2024–2027 (Acuerdo 007 de 2024) anuncia su actualización con zonificaciones ambientales y de riesgo (Municipio de Cartago, 2024, p. 228).

RECOMENDACIONES PARA

Secretaría de Planeación, Medio Ambiente y Desarrollo Económico

Incluir en la revisión del POT los registros de inundación del IDEAM como insumo de los estudios básicos de amenaza. Priorizar los estudios detallados donde más gente vive en áreas con registro.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · COMUNA 7, COMUNA 1 Y ZARAGOZA

Por qué: 16.553 habitantes (11,9 %) viven en áreas con registro oficial de inundación. De ellos, 3.932 están en amenaza alta por creciente súbita.

Obligación de la entidad: Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.2.1.3.1.3 (antes Decreto 1807 de 2014, art. 3) — *«se deben elaborar estudios en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural para los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa»*

Cómo medir el avance: Porcentaje de las 353,05 ha de la cabecera con registro del IDEAM que ya tienen estudios básicos o detallados adoptados en el POT.

Incluir en el diagnóstico y en las normas del POT el calor urbano y el aumento de los días cálidos. Definir medidas de adaptación para las comunas más calientes, en consulta con el plan de cambio climático del Valle del Cauca.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · COMUNAS 4, 5 Y 6

Por qué: 25.768 habitantes viven en el 10 % de la ciudad con la superficie más caliente. Los días cálidos del aire pasaron de 37,0 por año en 1961–1990 a 129,7 en 2016–2025.

Obligación de la entidad: Ley 1931 de 2018, art. 9 — *«Las autoridades municipales y distritales deberán incorporar dentro de sus planes de desarrollo y, planes de ordenamiento territorial, la gestión del cambio climático»*

Cómo medir el avance: Población que vive donde la superficie llega a 42,85 °C o más. Se recalcula cada año con ese mismo umbral fijo y nuevas imágenes de satélite.

Calcular el índice de espacio público efectivo por comuna. Fijar en el POT metas y suelo para llegar a 15 m² por habitante, empezando por las comunas sin parques a 300 m.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · COMUNAS 2 Y 3; DESPUÉS, 1 Y 7

Por qué: La cabecera tiene 1,67 m² de verde público por habitante; el diagnóstico del POT da 1,68 m² de espacio público efectivo. El 99,7 % de la Comuna 2 y el 99,3 % de la Comuna 3 viven a más de 300 m de un parque.

Obligación de la entidad: Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.3.2.7 (antes Decreto 1504 de 1998, art. 14) — *«un mínimo de quince (15m2) metros cuadrados y por habitante, para ser alcanzado durante la vigencia del plan respectivo.»*

Cómo medir el avance: Verde público por habitante y porcentaje de la población a menos de 300 m de un verde de 0,5 ha, por comuna. Se mide con el mapa de distancia al verde de BioMap (capa distancia_verde).

01

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES · CONTINUACIÓN

Secretaría de Planeación, Medio Ambiente y Desarrollo Económico

Establecer, con concepto técnico de la CVC, las zonas de siembra del municipio. Incluir en ellas la franja del río La Vieja junto a la cabecera y los lotes con pasto de las comunas más calientes.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · RIBERA DEL LA VIEJA (COMUNAS 1, 5 Y 6) Y COMUNA 4

Por qué: A menos de 100 m del La Vieja, la superficie promedia 36,33 °C; a más de 500 m, 38,53 °C. La Comuna 4 tiene el 20,8 % de su área en pasto y lotes donde sembrar.

Obligación de la entidad: Ley 2173 de 2021, art. 3, parágrafo 3 — *«Las Secretarías de Planeación, o quien haga sus veces, acogiéndose a los conceptos técnicos expedidos por la autoridad ambiental competente según su jurisdicción, establecerán las zonas de siembras»*

Cómo medir el avance: Árboles sembrados y vivos en las zonas de siembra, según registro de campo. También el verdor de la vegetación antes y después, en imágenes de satélite de 10 m. El mapa de árboles de 2021 solo sirve como punto de partida, porque no registra siembras nuevas.

Incluir en las normas urbanísticas exigencias de árboles y sombra en andenes, parqueaderos y nuevas urbanizaciones. Hacerlo dentro del programa de elementos naturales del espacio público (ENEP).

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · COMUNAS 4, 5 Y 6

Por qué: Solo el 5,4 % del entorno donde vive la gente tiene árboles. Los árboles en lugar de superficie construida se asocian con 0,81 °C menos de temperatura de superficie. La cifra es por cada 10 puntos porcentuales del área con árboles (por ejemplo, de 20 % a 30 %).

Orientación técnica: Plan de Desarrollo 2024–2027, Anexo 5. Componente estratégico (Municipio de Cartago, 2024), p. 233 — *«Desarrollar acciones contempladas en el Programa para el manejo de los elementos naturales del espacio público ENEP y el arbolado urbano, desarrollado a través del Convenio Interadministrativo CVC No 141 de 2020»*

Cómo medir el avance: Cobertura de copa de los árboles por comuna, según el censo forestal o una medición de copa. También el verdor de la vegetación en las manzanas intervenidas, en imágenes de satélite de 10 m. El 5,4 % del mapa de árboles de 2021 solo sirve como punto de partida.

02

RECOMENDACIONES

Contexto

Depende de la Secretaría de Planeación, Medio Ambiente y Desarrollo Económico. No se encontró una ley nacional de arbolado urbano; la Ley 2173 de 2021 obliga a levantar censos forestales.

RECOMENDACIONES PARA

Subsecretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Agropecuario

Levantar con la CVC el censo forestal del área urbana, con especie, altura y copa de cada árbol. Repetirlo cada cinco años.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODA LA CABECERA, EMPEZANDO POR LAS COMUNAS 4, 5 Y 6

Por qué: El mapa satelital cuenta menos árboles de calle de los que hay. Aun así, muestra que solo el 5,4 % del entorno de los habitantes tiene árboles; en la Comuna 4, el 2,5 %.

Obligación de la entidad: Ley 2173 de 2021, art. 3, parágrafo 1 — *«deberán articular las Áreas de Vida a lo establecido en los instrumentos de planificación del territorio y con ello, levantar censos forestales con el fin de conocer la cobertura vegetal del territorio»*

Cómo medir el avance: Porcentaje de manzanas con censo levantado y comparación con el mapa de árboles de BioMap.

Hacer la siembra masiva del Plan de Desarrollo donde coinciden calor, población y espacio disponible. Medir su resultado con los mismos datos.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 4 Y 6; EN LA COMUNA 5, SOBRE SUPERFICIE CONSTRUIDA

Por qué: La Comuna 4 tiene el 34,2 % de su población en calor extremo y el 20,8 % de su área en pasto disponible. La Comuna 6 suma 8.860 personas en calor extremo y tiene el 13,6 % de su área en pasto.

Orientación técnica: Plan de Desarrollo 2024–2027, Anexo 5. Componente estratégico (Municipio de Cartago, 2024), p. 229 — *«Se promoverá la siembra masiva de árboles en espacios urbanos y rurales, con el objetivo de aumentar la cobertura arbórea y contribuir a la mitigación del cambio climático.»*

Cómo medir el avance: Verdor de la vegetación y temperatura de superficie de las manzanas intervenidas, antes y después. Compararlos con manzanas parecidas sin intervenir.

Verificar con imágenes de satélite más detalladas la caída del verdor urbano desde 2013. Ubicar dónde se perdió vegetación.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODA LA CABECERA

Por qué: El índice de verdor de la cabecera baja entre 0,044 y 0,111 por década en 2013–2025, mientras el campo vecino no cambia. Pero sin 2024 y 2025, la caída ya no es segura.

Competencia de la entidad: Ley 99 de 1993, art. 65, num. 6 — *«Ejercer, a través del alcalde como primera autoridad de policía [...] funciones de control y vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales renovables»*

Cómo medir el avance: Hectáreas con pérdida de vegetación confirmada, por comuna.

03

RECOMENDACIONES

Contexto

Máxima autoridad ambiental en Cartago (Ley 99 de 1993, art. 31). No se pudo verificar si tiene una estación de calidad del aire en el municipio.

RECOMENDACIONES PARA

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) – Dirección Ambiental Regional (DAR) Norte

Medir en Cartago las partículas finas (PM2,5), las partículas de hasta 10 micras (PM10) y el ozono según el protocolo nacional. Si ya existe una estación del sistema de vigilancia, publicar sus datos en formato abierto.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · CENTRO (COMUNAS 1 Y 5), DONDE EL TRÁFICO ES MAYOR

Por qué: Según el modelo mundial de calidad del aire, las partículas finas están entre 1,7 y 2,9 veces la guía anual de la OMS. Pasa en las cuatro versiones del modelo. Su ozono supera entre 9 y 31 días al año el nivel de 8 horas de la Resolución 2254 de 2017 (100 µg/m³). Nada de esto se ha validado en Cartago.

Obligación de la entidad: Resolución 2254 de 2017, art. 2, parágrafo 3 — *«Las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de los contaminantes criterio establecidos en el presente artículo»*

Cómo medir el avance: Estación con al menos el 75 % de días válidos al año. Comparación anual de sus datos con el modelo mundial de calidad del aire, versión por versión.

Adelantar con el municipio un programa para reforestar la orilla del río La Vieja (bosque de galería). Hacerlo en la franja de amenaza alta por creciente súbita.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · RIBERA DEL LA VIEJA EN LAS COMUNAS 1, 5 Y 6

Por qué: La amenaza alta del IDEAM junto al La Vieja cubre 25,8 ha dentro de la cabecera. A menos de 100 m del río no hay ninguna zona en calor extremo.

Competencia de la entidad: Ley 99 de 1993, art. 31, num. 23 — *«adelantar con las administraciones municipales o distritales programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo, tales como control de erosión, manejo de cauces y reforestación»*

Cómo medir el avance: Árboles sembrados y vivos en la franja de amenaza alta del La Vieja, según registro de campo. También el verdor de la vegetación de la franja, en imágenes de satélite de 10 m. El mapa de árboles de 2021 solo sirve como punto de partida.

03

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES · CONTINUACIÓN

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) – Dirección Ambiental Regional (DAR) Norte

La CVC y el municipio deben acordar los temas ambientales de la revisión del POT (concertación ambiental). En ese acuerdo, verificar que el plan incluya el riesgo de desastres y el cambio climático. La ley los pone entre las normas de mayor jerarquía que el POT debe respetar (determinantes ambientales de nivel 1). Usar para ello los registros del IDEAM y las cifras de calor de este informe.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · TODA LA CABECERA

Por qué: El último ajuste del POT (2013) es anterior al Decreto 1807 de 2014 y a la Ley 1931 de 2018. Hoy, 16.553 habitantes viven con registro de inundación y 25.768 en calor extremo.

Competencia de la entidad: Ley 388 de 1997, art. 24, num. 1, y art. 10, num. 1 (textos vigentes) – *«El proyecto de Plan se someterá a consideración de la Corporación Autónoma Regional o autoridad ambiental correspondiente, a efectos de que conjuntamente con el municipio y/o distrito concerten los asuntos exclusivamente ambientales»*

Cómo medir el avance: Acta de concertación del POT con el riesgo de desastres y el cambio climático incluidos como determinantes ambientales.

04

RECOMENDACIONES

Contexto

No se encontró publicado el decreto que creó el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo ni el plan municipal de gestión del riesgo vigente. El Plan de Desarrollo 2024–2027 anuncia su revisión (Municipio de Cartago, 2024, p. 255).

RECOMENDACIONES PARA

Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD) y Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) de Cartago

Verificar qué barrios se inundaron en 2010–2011 con los registros municipales y de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Corregir el área urbana de La Niña 2011 antes de priorizar obras.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 7, 6 Y 4

Por qué: 6.009 personas solo aparecen en el área urbana de 2011, que no coincide con el relieve. Son 3.439 en la Comuna 7, 1.559 en la Comuna 6 y 1.011 en la Comuna 4.

Obligación de la entidad: Ley 1523 de 2012, art. 46 — *«Las autoridades departamentales, distritales y municipales crearán sistemas de información para la gestión del riesgo de desastres en el ámbito de su jurisdicción en armonía con el sistema nacional»*

Cómo medir el avance: Porcentaje de las 178,4 ha urbanas del área de 2011 ya verificadas en campo o con registros.

Actualizar el plan municipal de gestión del riesgo. Debe incluir las crecientes súbitas de las corrientes menores de Zaragoza y del sur de la Comuna 3. También la franja del La Vieja en la Comuna 1.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNA 1, ZARAGOZA Y SUR DE LA COMUNA 3

Por qué: En amenaza alta por creciente súbita viven 3.199 personas en la Comuna 1 y 577 en Zaragoza. En esas corrientes menores, el cálculo por relieve de BioMap no detecta la amenaza.

Obligación de la entidad: Ley 1931 de 2018, art. 24 — *«Los planes de gestión del riesgo de los niveles de gobierno nacional y territorial [...] incorporarán acciones orientadas al conocimiento y reducción del riesgo disminuyendo la vulnerabilidad ante eventos de tipo hidrometeorológicos e hidroclimáticos»*

Cómo medir el avance: Población en amenaza alta por creciente súbita cubierta por planes de contingencia por barrio.

Verificar en campo la exposición del CAI Puente Bolívar y de los servicios en áreas inundadas en eventos La Niña. Incluirlos en la estrategia municipal de respuesta a emergencias.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 1, 6 Y 7

Por qué: Un servicio mapeado está en amenaza alta por creciente súbita y 3 en áreas inundadas en eventos La Niña. OpenStreetMap solo tiene una parte de las sedes reales.

Obligación de la entidad: Ley 1523 de 2012, art. 37 — *«Las autoridades departamentales, distritales y municipales formularán y concertarán con sus respectivos consejos de gestión del riesgo, un plan de gestión del riesgo de desastres y una estrategia para la respuesta a emergencias [...]»*

Cómo medir el avance: Servicios públicos con exposición verificada y con protocolo en la estrategia de respuesta.

05

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES PARA

Secretaría de Salud y Protección Social

Formular acciones de adaptación en salud frente al calor. Incluir vigilancia de consultas asociadas al calor, avisos a la población y protocolos para sedes de salud y hogares de cuidado.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 4, 5 Y 6; SEDES DE SALUD DE LAS COMUNAS 1 Y 5

Por qué: Los días cálidos del aire pasaron de 37,0 por año en 1961–1990 a 129,7 en 2016–2025. Para elegir dónde actuar primero: 25.768 personas viven en calor extremo de superficie. El Hospital Sagrado Corazón de Jesús y Respirar Unidad Pediátrica superan ese límite por apenas 0,36 y 0,15 °C.

Obligación de la entidad: Ley 2169 de 2021, art. 6, sector Salud y Protección Social, num. 1 — *«Formular a 2030 acciones de adaptación en prevención de la enfermedad y promoción de la salud, que aporten a reducir los casos de enfermedades sensibles al clima»*

Cómo medir el avance: Acciones de adaptación al calor adoptadas, con seguimiento anual de la vigilancia epidemiológica y de los días cálidos del aire. Sedes de salud priorizadas, con verificación de su temperatura en campo. La temperatura de superficie solo sirve para elegir dónde actuar, no para medir el riesgo para la salud.

Acordar con la CVC un protocolo de medidas de salud para cuando la CVC informe que una medición superó la norma de calidad del aire. Informar es un deber de la CVC (Resolución 2254 de 2017, art. 6, par. 2). Dar prioridad a la población junto a vías de tráfico alto.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 1 Y 5

Por qué: Hoy no hay una medición local que pruebe que se supera la norma. El modelo mundial de calidad del aire da partículas finas (PM2,5) por encima de la guía de la OMS. Pero quedan por debajo del máximo anual de la norma colombiana. Su ozono sí pasa algunos días al año el nivel de 8 horas de la norma (100 µg/m³). 8.374 personas viven donde el índice de tráfico es de 60 o más; 3.901 de ellas, en la Comuna 1.

Obligación condicionada: Resolución 2254 de 2017, art. 6, parágrafo 2 — *«las autoridades ambientales competentes informarán a las autoridades de salud y demás organismos responsables de la gestión de riesgo para que adopten las medidas a que haya lugar»*

Cómo medir el avance: Protocolo acordado con la CVC y número de avisos atendidos por año.

06

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES PARA

Secretaría de Educación

Verificar en campo la temperatura de las sedes en calor extremo o cerca del límite. Dar prioridad en ellas a la sombra, la arborización de patios y la ventilación.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 4, 5 Y 6

Por qué: El colegio Sor María Anastasia está en calor extremo de superficie, justo en el límite: 43,04 °C, 0,19 °C por encima. Otras cuatro sedes están a menos de 0,5 °C por debajo. Son la I.E. Alfonso López Pumarejo, la Escuela Caldas, Manuel Quintero Penilla y la sede Lastenia Durán Vernaza de la I.E. Sor María Juliana.

Orientación técnica: No se encontró una norma que imponga esta acción

Cómo medir el avance: Sedes con verificación de temperatura y con sombra o árboles nuevos en sus patios. Temperatura de superficie de su entorno en los años siguientes.

Cruzar el registro de sedes del Ministerio de Educación con los mapas de BioMap. Publicar en datos abiertos la ubicación y la exposición de todas las sedes educativas.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODO EL MUNICIPIO

Por qué: OpenStreetMap tiene cerca del 26 % de las sedes educativas del registro del Ministerio de Educación, oficiales y privadas. La mayoría de las sedes no tiene hoy una evaluación de su exposición.

Obligación de la entidad: Ley 1712 de 2014, art. 11, lit. k — *«Los sujetos obligados deberán publicar datos abiertos, para lo cual deberán contemplar las excepciones establecidas en el título 3 de la presente ley.»*

Cómo medir el avance: Porcentaje de las sedes del registro del Ministerio de Educación con exposición calculada. Punto de partida: cerca del 26 %.

Verificar con la Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres si la I.E. Indalecio Penilla está expuesta a inundación. Si se confirma, incluirla en el plan escolar de gestión del riesgo.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNA 7

Por qué: La sede está dentro del área inundada en La Niña 2011 según el IDEAM. La parte urbana de esa área no coincide con el relieve y debe contrastarse con registros municipales.

Obligación de la entidad: Ley 1523 de 2012, art. 2 — *«La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano.»*

Cómo medir el avance: Verificación hecha y plan escolar de gestión del riesgo actualizado.

07

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES PARA

Secretaría de Movilidad y Transporte

Reducir la exposición al tráfico en las vías con índice de 60 o más. Calmar el tránsito junto a colegios y sedes de salud, y revisar rutas y horarios del transporte de carga.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · COMUNAS 1 Y 5

Por qué: 8.374 personas viven donde el índice de tráfico es de 60 o más. En esa franja está el 17,7 % de la población de la Comuna 1 y el 15,8 % de la Comuna 5.

Orientación técnica: No se encontró una norma que imponga esta acción

Cómo medir el avance: Conteos de vehículos y, cuando exista, dióxido de nitrógeno medido en esas vías. El índice de BioMap solo cambia si cambia la red vial.

Publicar en datos abiertos los conteos de vehículos (aforos) de la Secretaría. Ampliarlos a las vías principales del centro, para que la CVC ubique la medición de dióxido de nitrógeno.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · COMUNAS 1 Y 5

Por qué: El índice de tráfico mide cercanía a vías, no contaminación. El dióxido de nitrógeno del modelo mundial de calidad del aire va de 6,7 a 10,9 µg/m³. Con esas cifras no se puede saber si supera la guía de la OMS (10 µg/m³).

Obligación de la entidad: Ley 1712 de 2014, art. 11, lit. k – *«Los sujetos obligados deberán publicar datos abiertos, para lo cual deberán contemplar las excepciones establecidas en el título 3 de la presente ley.»*

Cómo medir el avance: Puntos de conteo publicados en datos abiertos y fecha de su última actualización.

08

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES PARA

Secretaría de Infraestructura

Incluir un análisis de riesgo desde la formulación de cada obra pública. Ese análisis debe usar los registros de inundación del IDEAM y la exposición al calor de BioMap.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODA LA CABECERA

Por qué: 353,05 ha de la cabecera tienen registro oficial de inundación. Y el 10 % de la ciudad con la superficie más caliente concentra al 18,5 % de la población.

Obligación de la entidad: Ley 1523 de 2012, art. 38 — *«Todos los proyectos de inversión pública que tengan incidencia en el territorio [...] deben incorporar apropiadamente un análisis de riesgo de desastres»*

Cómo medir el avance: Porcentaje de proyectos del banco de proyectos con un análisis de riesgo que use estos mapas.

Usar pavimentos que reflejen más el sol (pavimento frío) al repavimentar el asfalto de las comunas más calientes. No presentar los pavimentos permeables como medida contra el calor.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO MEDIANO (1–3 AÑOS) · COMUNAS 5, 4 Y 1

Por qué: El pavimento frío sobre asfalto se asocia con 0,55 °C menos de temperatura de superficie. El permeable, en cambio, con 0,17 °C más. Las cifras son por cada 10 puntos porcentuales del área cubierta (por ejemplo, de 20 % a 30 %). Son estimaciones de BioMap a partir del metaanálisis de Das et al. (2025).

Orientación técnica: No se encontró una norma que imponga esta acción

Cómo medir el avance: Metros cuadrados repavimentados con material reflectivo y temperatura de superficie de las vías intervenidas.

Diseñar las obras conservando los árboles existentes. Si la tala es inevitable, tramitar la autorización de la CVC y reponer los árboles en la misma comuna.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODA LA CABECERA

Por qué: Solo el 5,4 % del entorno donde vive la gente tiene árboles. Los árboles en lugar de superficie construida se asocian con 0,81 °C menos de temperatura de superficie. La cifra es por cada 10 puntos porcentuales del área con árboles (por ejemplo, de 20 % a 30 %).

Obligación de la entidad: Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.1.1.9.4 — *«Cuando se requiera talar, transplantar o reubicar árboles aislados localizados en centros urbanos, para la realización, remodelación o ampliación de obras públicas o privadas [...] se solicitará autorización ante la Corporación respectiva»*

Cómo medir el avance: Registro público de árboles talados y repuestos por obra y por comuna.

09

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES PARA

Despacho del Alcalde y todas las dependencias (acción transversal)

Publicar en datos abiertos, con actualización anual, el inventario de espacio público y el censo forestal. Publicar también el registro de emergencias con su ubicación y el directorio de sedes con su exposición.

PRIORIDAD ALTA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODO EL MUNICIPIO

Por qué: Hoy estas cifras dependen de OpenStreetMap y de áreas del IDEAM dibujadas con un nivel de detalle que no se conoce. OpenStreetMap solo tiene cerca del 26 % de las sedes educativas del registro del Ministerio de Educación, oficiales y privadas.

Obligación de la entidad: Ley 1712 de 2014, art. 11, lit. k — *«Los sujetos obligados deberán publicar datos abiertos, para lo cual deberán contemplar las excepciones establecidas en el título 3 de la presente ley.»*

Cómo medir el avance: Conjuntos publicados en datos.gov.co y fecha de su última actualización.

Hacer seguimiento anual de este informe con los mismos indicadores de BioMap. Presentar el avance al Consejo Municipal de Gestión del Riesgo y al Concejo Municipal.

PRIORIDAD MEDIA · PLAZO CORTO (≤ 1 AÑO) · TODA LA CABECERA

Por qué: Puntos de partida: 25.768 habitantes en calor extremo, 1,67 m² de verde público por habitante y 16.553 habitantes con registro de inundación.

Orientación técnica: No se encontró una norma que imponga esta acción

Cómo medir el avance: Informe anual publicado con la variación de cada indicador frente a este punto de partida.

!

LIMITACIONES

Antes de decidir

Contrastar con el POT, la CVC, el IDEAM y una visita técnica.

ALCANCE

Lo que hay que saber antes de usar estas cifras

- La temperatura de superficie no es la del aire. Es la de techos, calles y suelo a las 10:19 de la mañana, en días despejados.
- El umbral de calor extremo (42,85 °C) es relativo a la cabecera, no un límite para la salud. Por construcción, siempre hay un 10 % del área por encima.
- El clima del aire viene de registros climáticos reconstruidos, con cuadros de 9 a 28 km. No ven la isla de calor, marcan menos temperatura que las estaciones del IDEAM y su ritmo de calentamiento depende del registro.
- Los árboles son los que un mapa satelital de 2021 clasificó como tales, no la copa medida en campo. La caída del verdor ya no es segura sin 2024 y 2025, y no se ha confirmado con otra fuente.
- El índice de tráfico mide cercanía a vías, no contaminación. Las cifras de partículas finas (PM2,5), dióxido de nitrógeno y ozono vienen de un modelo mundial de calidad del aire, con cuadros de unos 40 km. No se han validado en Cartago y no sirven para declarar si se cumple la Resolución 2254 de 2017.
- El cálculo de BioMap basado en el relieve no es la amenaza oficial de inundación. La oficial está en los estudios del POT, del IDEAM y de la CVC.
- La amenaza por creciente súbita del IDEAM solo cubre la cuenca directa del La Vieja, no la inundación lenta del Cauca. El IDEAM no dice con qué nivel de detalle dibujó las áreas de La Niña, y no las ha validado.
- El área urbana de La Niña 2011 no coincide con el relieve y podría exagerar la cifra. De ella depende el 36 % de la población con registro (6.009 habitantes).
- La población es la proyección del DANE para 2026, repartida según el censo de 2018. Faltan las urbanizaciones posteriores. Y quienes viven hoy en áreas inundadas en el pasado no son los afectados en cada evento.
- El verde público y los servicios vienen de OpenStreetMap, que está incompleto. Por ejemplo, solo tiene cerca del 26 % de las sedes educativas, oficiales y privadas, del registro del Ministerio de Educación. Su verde no equivale al espacio público efectivo.

!

LIMITACIONES

Antes de decidir

Contrastar con el POT, la CVC, el IDEAM y una visita técnica.

ALCANCE

Lo que hay que saber (continuación)

- Asociación no es causalidad. El simulador compara lugares distintos de la ciudad. Las cifras de techos verdes y pavimentos son estimaciones de BioMap con datos de otros climas (Das et al., 2025).
- El índice de prioridad depende de los pesos elegidos. Por eso se da el rango de puestos de cada zona en 17 escenarios.
- Las comunas son polígonos de OpenStreetMap, y Zaragoza es el área construida que marca un mapa satelital. No son límites oficiales.
- No se pudo verificar el decreto que creó el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo ni el plan municipal de gestión del riesgo vigente. Tampoco el estado de la revisión del POT ni si la CVC tiene una estación de aire en Cartago.

DOCUMENTO

Referencias

REFERENCIAS

Estilo

Normas APA, 7.ª edición.

Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., Di Sabatino, S. y Pulvirenti, B. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review. *Atmospheric Environment, 162*, 71–86. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014

Colaboradores de OpenStreetMap. (2026). *OpenStreetMap* [Base de datos geográfica; instantánea del 1 de octubre de 2026]. OpenStreetMap Foundation. https://www.openstreetmap.org/copyright

Concejo Municipal de Cartago. (2013, 27 de diciembre). *Acuerdo 023 de 2013, por medio del cual se ajusta el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Cartago Valle, adoptado mediante Acuerdo 015 de mayo de 2000 y modificado por los Acuerdos 005 de mayo de 2006 y 003 de marzo de 2010*. https://www.municipio.cartago.gov.co/wp-content/uploads/2019/09/ACUERDO-MUNICIPAL-023-DE-2.013-AJUSTE-P.O.T.pdf

Concejo Municipal de Cartago. (2024, 13 de junio). *Acuerdo 007 de 2024, por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo del municipio de Cartago – Valle del Cauca 2024-2027 «Más Progreso, Mejor Futuro»*. https://www.2025.cartago.gov.co/documentos_acordeon_anidado/Acuerdo-No-007-2024-adopta-plan-de-desarrollo-2024-2027.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 de diciembre). *Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 41.146. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Congreso de la República de Colombia. (1997, 18 de julio). *Ley 388 de 1997, por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 43.091. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339

Congreso de la República de Colombia. (2012, 24 de abril). *Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 48.411. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141

Congreso de la República de Colombia. (2014, 6 de marzo). *Ley 1712 de 2014, por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 49.084. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56882

Congreso de la República de Colombia. (2018, 27 de julio). *Ley 1931 de 2018, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático*. Diario Oficial No. 50.667. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765

DOCUMENTO

Referencias (continuación)

REFERENCIAS

Estilo

Normas APA, 7.ª edición.

Congreso de la República de Colombia. (2021, 22 de diciembre). *Ley 2169 de 2021, por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 51.896. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2169_2021.html

Congreso de la República de Colombia. (2021, 30 de diciembre). *Ley 2173 de 2021, por medio de la cual se promueve la restauración ecológica a través de la siembra de árboles y creación de bosques en el territorio nacional, estimulando conciencia ambiental al ciudadano, responsabilidad civil ambiental a las empresas y compromiso ambiental a los entes territoriales; se crean las áreas de vida y se establecen otras disposiciones*. Diario Oficial No. 51.903. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2173_2021.html

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2012). *Política Nacional de Espacio Público* (Documento CONPES 3718). Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3718.pdf

Copernicus Atmosphere Monitoring Service. (s. f.). *CAMS global atmospheric composition forecasts* [Conjunto de datos]. Atmosphere Data Store. Recuperado el 30 de septiembre de 2026, de https://ads.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-global-atmospheric-composition-forecasts

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2024). *Plan de acción 2024-2027: Más cerca de la gente*. https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2024-04/Acuerdo%20CD%20No.%20007%20de%202024%20-%20Aprueba%20plan%20de%20accion%20de%20la%20CVC%20-%202024-2027.pdf

Das, J. K., Kumari, B., Rahman, A. R., Azhar, M., Khan, S., Masood, U., Karan, D., Yasin, R., Burman, C., Augustin, J. L., Bonell, A. y Bhutta, Z. A. (2025). Evaluation of community-based heat adaptation interventions: A systematic review. *BMJ Public Health, 3*(2), Artículo e002332. https://doi.org/10.1136/bmjph-2024-002332

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Marco Geoestadístico Nacional 2018 integrado con el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018: manzana censal* [Servicio de mapas]. Geoportal DANE. https://geoportal.dane.gov.co/mparcgis/rest/services/MGN2018/Serv_CapaManzanaInt_2018/MapServer/0

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2025). *Serie municipal de población por área 2018-2042* [Conjunto de datos; actualizado el 30 de julio de 2025]. https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/Municipal/PPED-AreaMun-2018-2042_VP.xlsx

Earth Resources Observation and Science Center. (2020a). *Landsat 4-5 Thematic Mapper Level-2, Collection 2* [Conjunto de datos]. U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.5066/P9IAXOVV

Earth Resources Observation and Science Center. (2020b). *Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus Level-2, Collection 2* [Conjunto de datos]. U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.5066/P9C7I13B

DOCUMENTO

Referencias (continuación)

REFERENCIAS

Estilo

Normas APA, 7.ª edición.

Earth Resources Observation and Science Center. (2020c). *Landsat 8-9 Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor Level-2, Collection 2* [Conjunto de datos]. U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.5066/P9OGBGM6

European Space Agency. (2022). *Sentinel-2 MSI Level-2A BOA reflectance* [Conjunto de datos; consultado vía Element 84 Earth Search]. https://doi.org/10.5270/S2_-znk9xsj

European Space Agency y Airbus. (2022). *Copernicus DEM* [Conjunto de datos]. European Space Agency. https://doi.org/10.5270/ESA-c5d3d65

Financiera de Desarrollo Territorial. (2022). *Cartago: Documento de diagnóstico* (Versión final, diciembre de 2022). Programa Ciudades Emblemáticas. https://www.findeter.gov.co/system/files/internas/Diagnostico-PDA-Cartago.pdf

Funk, C., Peterson, P., Harrison, L., Saldivar, R., Landsfeld, M., Pedreros, D., Shukla, S., Fink, A. H., Davenport, F., Peterson, S., Turner, W., Sonnier, A., Budde, M., Tabor, K., Verdin, J., Hauzaree, D., Naim, M., Alaso, D. y Husak, G. (2026). The Climate Hazards Center Infrared Precipitation with Stations, Version 3. *Scientific Data, 13*, Artículo 718. https://doi.org/10.1038/s41597-026-07096-4

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., … Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146*(730), 1999–2049. https://doi.org/10.1002/qj.3803

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (s. f.). *Amenaza_Ambiental: amenaza por creciente súbita TR 50 años y áreas afectadas por inundación en eventos La Niña* [Servicio de mapas ArcGIS]. Recuperado el 30 de septiembre de 2026, de https://visualizador.ideam.gov.co/gisserver/rest/services/Amenaza_Ambiental/MapServer

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2025). *Áreas afectadas inundación Niña 2011* [Conjunto de datos]. Datos Abiertos Colombia. https://www.datos.gov.co/d/6eu7-pzc5

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2026). *Normales climatológicas de Colombia* [Conjunto de datos; actualizado el 27 de julio de 2026]. Datos Abiertos Colombia. https://www.datos.gov.co/d/nsz2-kzcq

Meta y Center for International Earth Science Information Network, Columbia University. (2022). *High Resolution Settlement Layer (HRSL)* [Conjunto de datos; imágenes fuente © 2016 Maxar]. https://registry.opendata.aws/dataforgood-fb-hrsl

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). *Planes integrales de gestión del cambio climático territorial (PIGCCT)*. Recuperado el 1 de octubre de 2026, de https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/planes-integrales-de-gestion-del-cambio-climatico-territorial/

DOCUMENTO

Referencias (continuación)

REFERENCIAS

Estilo

Normas APA, 7.ª edición.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017, 1 de noviembre). *Resolución 2254 de 2017, por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-2254-de-2017.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2026). *MEN_ESTABLECIMIENTOS_EDUCATIVOS_PREESCOLAR_BÁSICA_Y_MEDIA* [Conjunto de datos; actualizado el 3 de septiembre de 2026]. Datos Abiertos Colombia. https://www.datos.gov.co/d/cfw5-qzt5

Ministerio de Salud y Protección Social. (2026). *Registro Especial de Prestadores y Sedes de Servicios de Salud* [Conjunto de datos; corte del 12 de marzo de 2026]. Datos Abiertos Colombia. https://www.datos.gov.co/d/c36g-9fc2

Mosquera Cadavid, J. S., Mejia Ortiz, J. E. y Cardenas Orozco, A. (2026). *BioMap Cartago: Plataforma geoambiental de datos abiertos para la toma de decisiones* [Plataforma web y conjunto de datos]. I.E. Sor María Juliana. https://alguarito.github.io/biomap-cartago/

Municipio de Cartago. (s. f.). *Cartilla: Análisis del riesgo asociado al cambio climático del municipio de Cartago*. https://www.municipio.cartago.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/Cartilla-ARVC-Cartago.pdf

Municipio de Cartago. (2024). *Anexo 5. Componente estratégico: Plan de Desarrollo Municipal PDM 2024-2027 «Más progreso, mejor futuro»*. https://www.cartago.gov.co/documentos_acordeon_anidado/3.%20Componente%20estrategico%20PDM%202024-2027.%20Def..pdf

Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D. G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N. J., Zsoter, E., Buontempo, C. y Thépaut, J.-N. (2021). ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data, 13*(9), 4349–4383. https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021

Open-Meteo. (s. f.-a). *Air Quality API* [Interfaz de datos]. Recuperado el 30 de septiembre de 2026, de https://open-meteo.com/en/docs/air-quality-api

Open-Meteo. (s. f.-b). *Historical Weather API* [Interfaz de datos]. Recuperado el 30 de septiembre de 2026, de https://open-meteo.com/en/docs/historical-weather-api

Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N. y Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature, 540*(7633), 418–422. https://doi.org/10.1038/nature20584

Presidencia de la República de Colombia. (1998, 4 de agosto). *Decreto 1504 de 1998, por el cual se reglamenta el manejo del espacio público en los planes de ordenamiento territorial*. Diario Oficial No. 43.357. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1259

DOCUMENTO

Referencias (continuación)

REFERENCIAS

Estilo

Normas APA, 7.ª edición.

Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). *Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153

Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). *Decreto 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. Diario Oficial No. 49.523. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216

Tolan, J., Yang, H.-I., Nosarzewski, B., Couairon, G., Vo, H. V., Brandt, J., Spore, J., Majumdar, S., Haziza, D., Vamaraju, J., Moutakanni, T., Bojanowski, P., Johns, T., White, B., Tiecke, T. y Couprie, C. (2024). Very high resolution canopy height maps from RGB imagery using self-supervised vision transformer and convolutional decoder trained on aerial lidar. *Remote Sensing of Environment, 300*, Artículo 113888. https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113888

Unidad Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de Cartago. (2025). *Plan de contingencia segunda temporada de lluvias 2025*. Alcaldía de Cartago. https://cartago.gov.co/wp-content/uploads/2026/06/PLAN-DE-CONTINGENCIA-SEGUNDA-TEMPORADA-DE-LLUVIAS-2025.pdf

WHO Regional Office for Europe. (2016). *Urban green spaces and health: A review of evidence*. https://iris.who.int/handle/10665/345751

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. https://iris.who.int/handle/10665/345329

Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.-E., Xu, P., Ramoino, F. y Arino, O. (2022). *ESA WorldCover 10 m 2021 v200* (Versión v200) [Conjunto de datos]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221

COLOFÓN

Elaboración

Informe compuesto con el sistema editorial «Franja» de la I.E. Sor María Juliana.

I.E. SOR MARÍA JULIANA · CARTAGO, VALLE DEL CAUCA

Los datos para decidir ya son públicos. Lo que sigue es verificarlos en campo y convertirlos en obras que se puedan medir con los mismos datos.

Datos, mapas, simulador y descargas en https://alguarito.github.io/biomap-cartago/

JHOAN SEBASTIÁN MOSQUERA CADAVID · JHOAN ESNEIDER MEJIA ORTIZ · GRADO 11-3 · JORNADA DE LA TARDE

DOCENTE MENTOR · ALVARO CARDENAS OROZCO, PHD