



Marzo 2025

INFORME

Calidad del aire



www.imn.ac.cr



imn@imn.ac.cr



+ (506) 2222-5616

Apdo. postal: 5583-1000

Calle 17, avenida 9
San José, Costa Rica

**Edición general y
análisis:**

Daniel Poleo Brito



RESUMEN TÉCNICO

Daniel Alejandro Poleo Brito
Departamento de Desarrollo
Instituto Meteorológico Nacional

RESUMEN

Durante marzo hubo una gran cantidad de fenómenos presentes, una gran cantidad de incendios forestales la primer quincena de marzo, y luego la presencia de ceniza volcánica consecuencia de la erupción del volcán Poás incrementó los valores de contaminantes durante el mes en la segunda quincena. De las 7 estaciones de medición de calidad de aire para los diferentes gases se observó gran estabilidad en la mayoría de los gases, principalmente en el oeste

Por otro lado, se presentó un incremento de particulado PM_{2.5} y PM₁₀ la última semana de diciembre en toda el Gran área Metropolitana (GAM) presentando valores sobre los 60 µg/m³. En particular los días 13, 17 y 30 que hubo grandes erupciones del Volcán Poás aumentaron de manera significativa la presencia de particulado grande (PM₁₀).

1. Introducción

El aire es un recurso esencial para la vida en la Tierra y forma parte de la atmósfera que nos rodea. Se trata de una mezcla de gases compuesta principalmente por un 78% de nitrógeno y un 21% de oxígeno, junto con pequeñas cantidades de otros gases como argón, dióxido de carbono y vapor de agua. Esta composición permite que los seres humanos y otras formas de vida respiren sin dificultades. Sin embargo, la presencia de sustancias contaminantes puede alterar su equilibrio y generar impactos negativos en la salud y el medio ambiente (García & López, 2020).

La contaminación del aire ocurre cuando se introducen elementos nocivos en la atmósfera, ya sea de manera natural o por actividades humanas. Entre las fuentes naturales de contaminación se incluyen erupciones volcánicas, incendios forestales y la descomposición de materia orgánica, mientras que las actividades antropogénicas, como la quema de combustibles fósiles, la producción industrial y el transporte, generan una gran cantidad de emisiones contaminantes (Smith et al., 2018). Estos contaminantes pueden clasificarse en primarios, aquellos que se emiten directamente, y secundarios, que se forman por reacciones químicas en la atmósfera.

Los principales contaminantes atmosféricos regulados incluyen el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx), el dióxido de azufre (SO₂), el ozono troposférico (O₃), y las partículas suspendidas en el aire (PM₁₀ y PM_{2.5}). Estas partículas finas, debido a su reducido tamaño, pueden ingresar a los pulmones y al torrente sanguíneo, aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

Uno de los fenómenos más dañinos asociados a la contaminación atmosférica es el smog fotoquímico, una mezcla de contaminantes primarios y secundarios que, en presencia de luz solar, genera una capa densa de ozono a nivel del suelo. Este fenómeno es común en ciudades con alta densidad vehicular y contribuye a problemas respiratorios y a la degradación del ecosistema urbano (Molina & Rowland, 1974).

Los efectos de la contaminación del aire en la salud humana son diversos y dependen de la concentración y el tiempo de exposición. Se ha comprobado que el dióxido de azufre y el material particulado están relacionados con un aumento en enfermedades pulmonares, mientras que el dióxido de nitrógeno y el ozono pueden provocar inflamación en las vías respiratorias y reducción de la función pulmonar (EPA, 2019). A largo plazo, la exposición constante a estos contaminantes puede causar enfermedades crónicas, como asma, cáncer de pulmón y enfermedades cardiovasculares. Además, estudios recientes han encontrado vínculos entre la contaminación del aire y enfermedades neurológicas, como el Alzheimer y el Parkinson, debido al estrés oxidativo y la inflamación crónica que estos contaminantes pueden inducir en el sistema nervioso central (Calderón-Garcidueñas et al., 2015).

También se ha identificado un impacto negativo en la salud maternoinfantil, con evidencia de que la exposición a altos niveles de contaminantes del aire durante el embarazo puede provocar nacimientos prematuros, bajo peso al nacer y problemas en el desarrollo cognitivo de los niños (Vrijheid et al., 2016). Asimismo, la contaminación del aire ha sido asociada con un aumento en los casos de diabetes tipo 2 y obesidad, posiblemente debido a alteraciones en la respuesta inflamatoria del organismo y al metabolismo de la glucosa (Brook et al., 2010).

Además del impacto en la salud humana, la contaminación del aire también afecta el medio ambiente. Los contaminantes pueden contribuir a la lluvia ácida, que deteriora suelos, bosques y cuerpos de agua. También tienen un papel significativo en el cambio climático, ya que el aumento de gases como el dióxido de carbono y

el metano incrementa el efecto invernadero, elevando la temperatura global y alterando los patrones climáticos (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022).

Para evaluar la calidad del aire, se han desarrollado sistemas de monitoreo que permiten medir la concentración de contaminantes en diferentes regiones. Estos sistemas utilizan estaciones de medición distribuidas en áreas urbanas e industriales y generan índices de calidad del aire, los cuales ayudan a determinar si las condiciones atmosféricas son seguras para la población (González et al., 2017). En muchos países, existen regulaciones ambientales que establecen límites permisibles de contaminantes y estrategias para reducir sus emisiones.

En Costa Rica se guía bajo un marco normativo y político que se ha venido desarrollando hace años en la región, bajo la dirección del Ministerio del Ambiente y Energía y el ministerio de Salud.

2. Marco normativo y político

En Costa Rica, la calidad del aire es regulada por la normativa vigente, que establece límites para contaminantes clave como las partículas PM_{2.5} y PM₁₀, el ozono (O₃) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). El objetivo de este informe es analizar la calidad del aire registrada durante un período específico y evaluar su cumplimiento con las normas costarricenses y las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), identificando áreas de mejora y recomendaciones para la gestión ambiental.

Los **límites de calidad del aire establecidos por el Ministerio de Salud de Costa Rica** son específicos para cada contaminante criterio y están diseñados para prevenir impactos adversos en la salud, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias. Por ejemplo, para el material particulado fino (PM_{2.5}), se establece un promedio anual permisible de 15 µg/m³ y un promedio diario de 25 µg/m³. Estas concentraciones son consistentes con los estándares internacionales y se actualizan periódicamente para reflejar el avance en las investigaciones científicas. El Ministerio también supervisa la implementación de sistemas de vigilancia en las principales áreas urbanas y coordina acciones con otras instituciones para garantizar el cumplimiento normativo.

Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) aplicables en Costa Rica establecen valores guía para periodos de exposición cortos y largos, orientados a minimizar el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares asociadas con la contaminación. Estas directrices recomiendan valores más estrictos que las normativas nacionales en algunos casos, como un promedio anual de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 y de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO₂. Costa Rica ha adoptado progresivamente estas recomendaciones, incorporándolas como metas a largo plazo en su legislación ambiental. Además, las directrices de la OMS fomentan el desarrollo de políticas integrales de calidad del aire que consideren fuentes móviles, industriales y naturales de contaminación.

A continuación, se presenta un cuadro con los valores límite para los principales contaminantes criterio establecidos en el Reglamento de Calidad del Aire para Contaminantes Criterio de Costa Rica, según el Decreto Ejecutivo No. 39951-S.

Cuadro 1. Valores límites regionales para cada contaminante

Contaminante	Promedio de Tiempo	Valor Límite
Material Particulado (PM10)	Promedio anual	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio de 24 horas	$75 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Material Particulado (PM2.5)	Promedio anual	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio de 24 horas	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Ozono (O ₃)	Promedio de 8 horas	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Promedio anual	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio de 1 hora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Promedio de 24 horas	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio de 1 hora	$500 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Monóxido de Carbono (CO)	Promedio de 8 horas	$10 \text{mg}/\text{m}^3$
	Promedio de 1 hora	$30 \text{mg}/\text{m}^3$

Estos valores están diseñados para proteger la salud pública y el medio ambiente, estableciendo límites máximos de concentración en el aire ambiente para cada contaminante.

Es importante destacar que estos límites se alinean con las recomendaciones internacionales y buscan minimizar los riesgos asociados a la exposición a estos contaminantes.

ICCA	Color	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	SO ₂ (ppm)
0 - 20	Verde	0 - 60	0 - 15	0 - 5.50	0 - 0.105	0 - 0.055	0 - 0.065
21 - 40	Amarillo	61 - 100	15.1 - 40	5.51 - 11.0	0.106 - 0.210	0.056 - 0.110	0.066 - 0.130
41 - 60	Anaranjado	101 - 200	40.1 - 65	11.01 - 16.5	0.211 - 0.315	0.111 - 0.165	0.131 - 0.195
61 - 80	Rojo	201 - 250	66 - 100	16.51 - 22.0	0.316 - 0.420	0.166 - 0.220	0.196 - 0.260
81 - 100	Púrpura	> 250	> 100	> 22.0	> 0.420	> 0.220	> 0.260

ICCA	Descripción de la calidad del aire	Color	Ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dióxido de Azufre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dióxido de Nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 - 20	Buena	Verde	0 - 107.98	0 - 54	0 - 5037.54	0 - 88.66	0 - 193.92
21 - 40	Desfavorable para grupos sensibles	Amarillo	107.99 - 139.98	55 - 154	5037.55 - 10755.08	88.67 - 375.45	193.93 - 387.84
41 - 60	Desfavorable	Anaranjado	139.99 - 170.04	155 - 254	10755.09 - 14199.93	375.46 - 584.70	387.85 - 699.64
61 - 80	Muy desfavorable	Rojo	170.05 - 207.30	255 - 354	14200.00 - 17544.78	584.71 - 793.96	699.65 - 1261.45
81 - 100	Peligrosa	Púrpura	> 207.30	> 355	> 17544.78	> 793.96	> 1261.45

Figura 2. Escalas de las concentraciones límites para el índice costarricense de calidad del aire (ICCA)

ICCA	Descripción de la calidad del aire	Color	Ozono (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Monóxido de Carbono (ppm)	Dióxido de Azufre (ppm)	Dióxido de Nitrógeno (ppm)
0 - 20	Buena	Verde	No se requieren acciones preventivas. Se mantiene la vigilancia habitual y el monitoreo continuo.	Igual para todos los contaminantes.	Igual para todos los contaminantes.	Igual para todos los contaminantes.	Igual para todos los contaminantes.
21 - 40	Desfavorable para grupos sensibles	Amarillo	Informar a grupos sensibles (niños, adultos mayores, personas con enfermedades respiratorias). Reducir actividades físicas al aire libre.	Reforzar el monitoreo del aire y la comunicación con grupos vulnerables.	Informar sobre posibles efectos adversos en grupos sensibles.	Evitar exposición prolongada en zonas cercanas a fuentes emisoras.	Reforzar acciones de mitigación en fuentes móviles e industriales cercanas.
41 - 60	Desfavorable	Anaranjado	Emitir alertas de precaución para toda la población. Restringir actividades al aire libre, especialmente en horas de máxima exposición.	Implementar restricciones leves en fuentes móviles e industriales.	Reducir la operación de vehículos altamente contaminantes.	Limitar operaciones industriales con altas emisiones.	Aplicar medidas restrictivas a fuentes contaminantes locales.
61 - 80	Muy desfavorable	Rojo	Prohibir actividades físicas al aire libre. Reforzar campañas de salud pública para minimizar la exposición.	Aplicar restricciones severas en zonas críticas. Reducir significativamente el tránsito vehicular.	Implementar planes de contingencia de movilidad urbana.	Suspender operaciones industriales intensivas en emisiones.	Aplicar sanciones a fuentes que excedan los límites normativos.
81 - 100	Peligrosa	Púrpura	Declarar emergencia ambiental. Suspender completamente actividades al aire libre. Reubicar temporalmente a personas vulnerables.	Detener actividades industriales y restringir completamente la circulación vehicular en áreas	Activar planes de emergencia en hospitales y servicios de salud.	Ordenar el cese temporal de actividades industriales críticas.	Prohibir operaciones en fuentes emisoras.

Figura 2. Escalas de del índice costarricense de calidad del aire (ICCA) y las recomendaciones de acción para cada uno de los gases y particulado analizado.

1.1 Metodología

1. **Fuentes de datos:** Se utilizaron datos generados a partir de gráficos y mediciones diarias de la calidad del aire proporcionadas por estaciones de monitoreo. Estas incluyen niveles de PM2.5, percentiles 98 y promedios móviles de 8 horas.
2. **Técnicas de monitoreo:** Los datos fueron obtenidos mediante instrumentos calibrados para medir la concentración de contaminantes en el aire cada 15 segundos, se hacen promedios cada 15 minutos, 1 hora, 8 horas y 24 horas. La información fue representada en gráficos que emplean colores para categorizar la calidad del aire (verde, amarillo, naranja, rojo).
3. **Cálculos realizados:** Los niveles promedio de PM2.5 se compararon con el límite diario de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la normativa costarricense del reglamento de contaminantes criterio. También se analizó el percentil 98 para identificar días con niveles de contaminación elevados. Se Calcula también PM1, PM10, O₃, H₂S, NO, NO₂, CO, SO₂

$$I_p = \left(\frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} \right) \times (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

- I_p : Índice para el contaminante p .
- C_p : Concentración medida para el contaminante p .
- BP_{Hi} : Punto de corte mayor o igual a C_p .
- BP_{Lo} : Punto de corte menor o igual a C_p .
- I_{Hi} : Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente a BP_{Hi} .
- I_{Lo} : Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente a BP_{Lo} .

4. **Ubicación:** Se registran 7 estaciones en La UCR (Núcleo Fabio Baudrit)1777, CTP-Belén 1775, Municipalidad de Santa Ana 1735, Núcleo experimental de UNA 1776, San José IMN 1637, CIGEFI-UCR 1653, TEC Cartago 1762.

5. **Patrones meteorológicos:** Se analizó la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y la oscilación Ártica (AO) con el fin de determinar las condiciones favorables para desplazamiento de masas de polvo del Sahara.

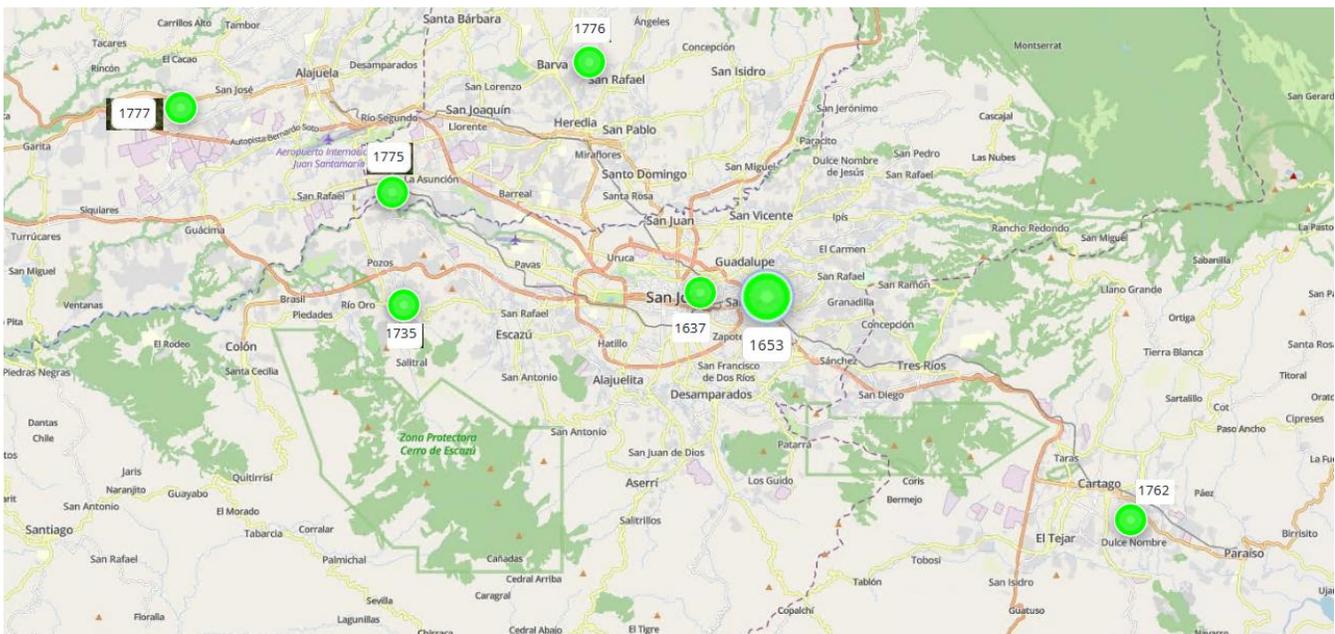


Figura 3. Ubicación de las estaciones de calidad del aire a lo largo del GAM en Costa Rica.

1.2 Resultados

1.2.1 Indicadores de calidad del aire por región:

- Colores predominantes: En marzo, los colores verde y amarillo fueron predominantes, lo que indica que la calidad del aire fue mayormente buena o moderada. Sin embargo, se registraron días con colores naranja y rojo, asociados a episodios de contaminación elevada.
- PM2.5: En algunas regiones, los niveles de PM2.5 superaron los 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en días específicos, particularmente en marzo, posiblemente debido a factores como quema de pirotecnia, incendios forestales y tráfico vehicular.
- Percentil 98: En ciertos casos, este indicador superó los límites normativos, evidenciando eventos de contaminación puntuales y severos.

1.2.2 Contaminantes analizados:

- PM2.5 y PM10: Se identificaron niveles elevados en algunas zonas que podrían causar riesgos respiratorios y cardiovasculares.
- Ozono (O_3): En días específicos, las concentraciones de ozono alcanzaron valores que podrían ser irritantes para personas sensibles.
- Dióxido de Nitrógeno (NO_2): En general, las concentraciones de NO_2 se mantuvieron dentro de los límites aceptables, aunque podrían aumentar en zonas con tráfico denso.

1.2.3 Análisis comparativo

1. **Normativa costarricense:** Los días con niveles de PM_{2.5} superiores a 25 µg/m³ representan un incumplimiento de la normativa nacional.
2. **Guías de la OMS:** Las recomendaciones de la OMS son más estrictas; incluso niveles considerados "moderados" por la normativa local podrían tener implicaciones para la salud humana según los estándares internacionales.

1.3 Datos y Análisis del ICCA

Las figuras 4 y 5 se presenta el ICCA semanalmente, desde la primera semana de marzo (24 de febrero al 6 de abril), representando en colores según se indica en el reglamento de contaminantes criterio.

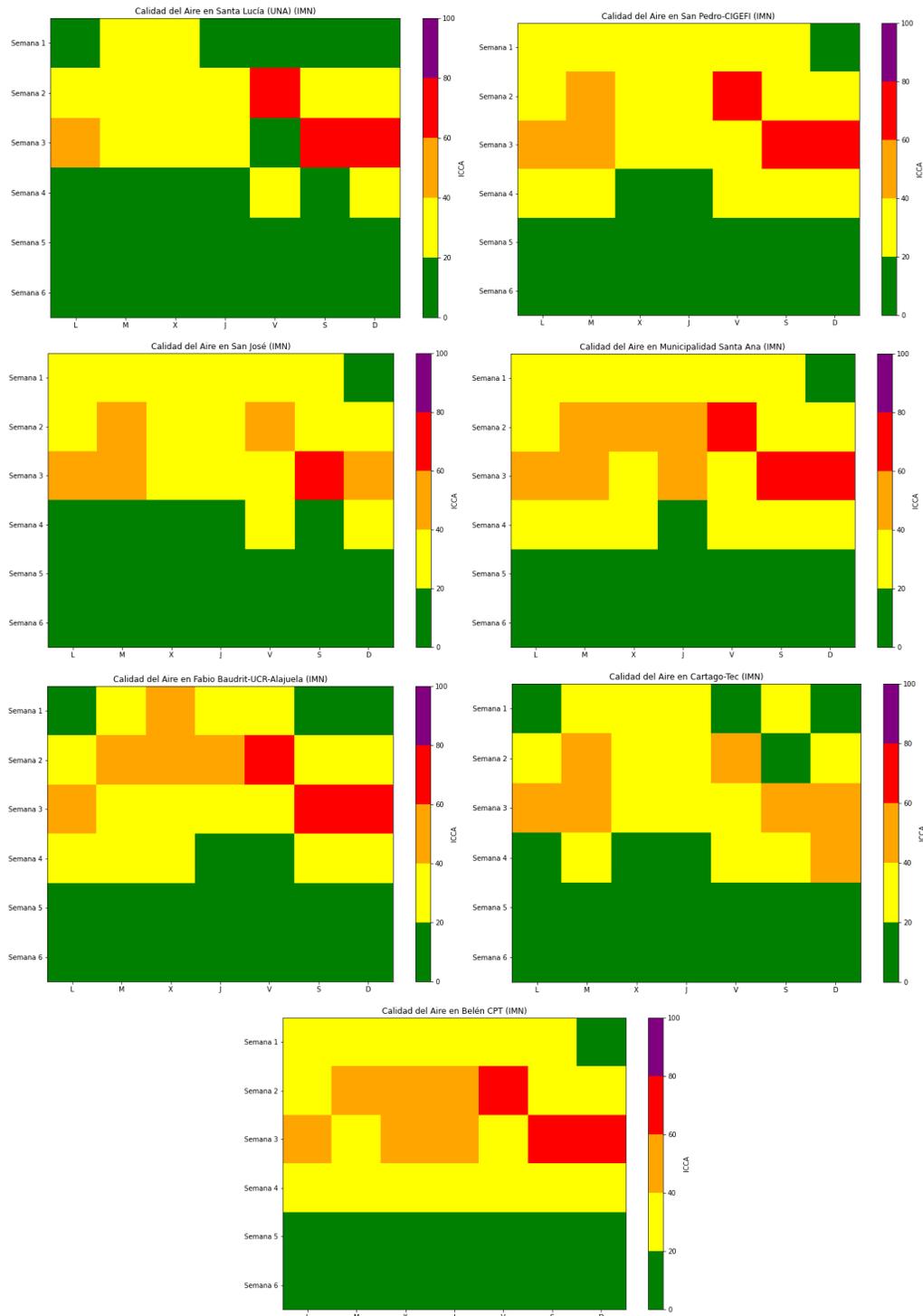


Figura 4. Índice Costarricense de Calidad del aire diario (24 horas) durante marzo 2025

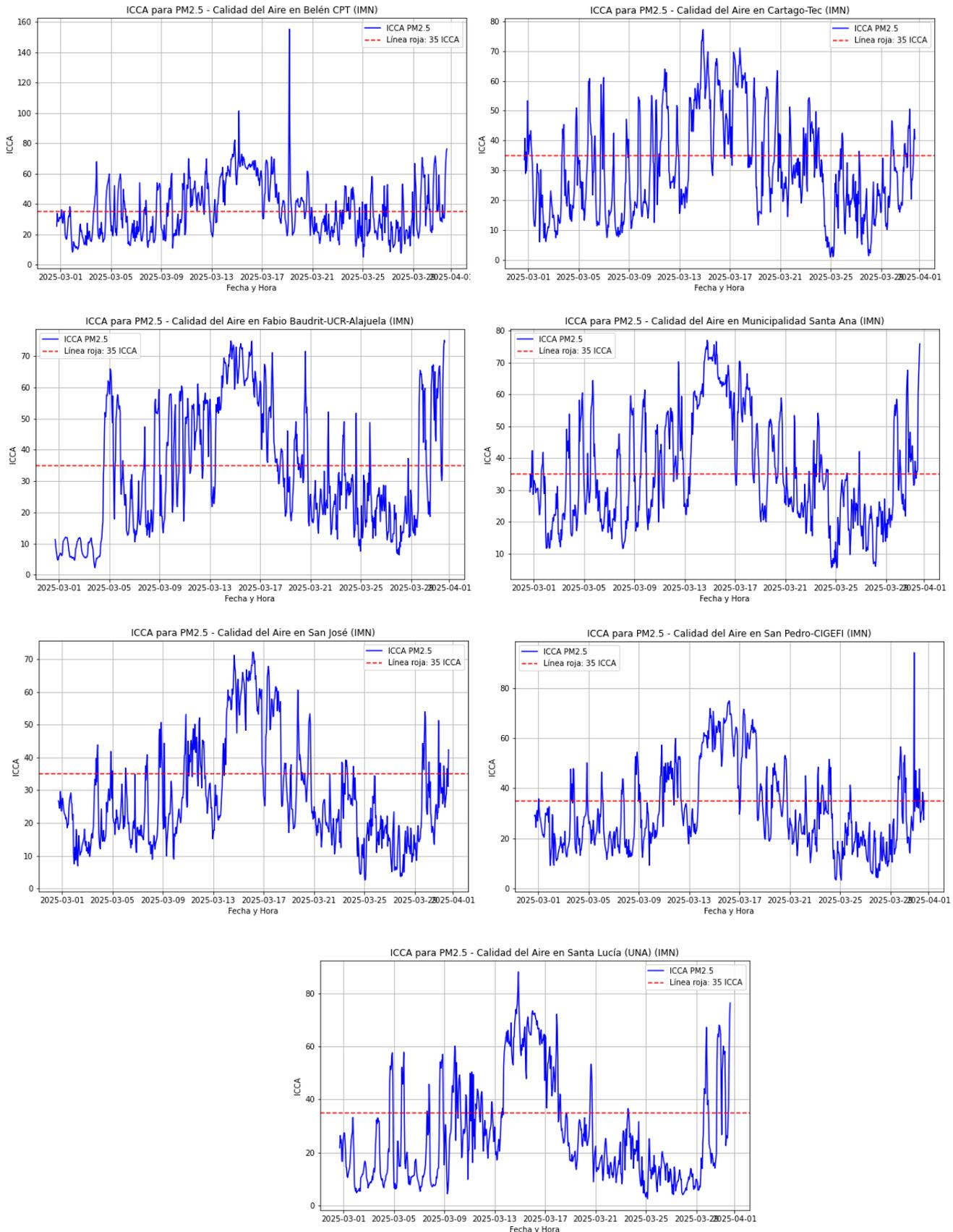


Figura 5. Índice Costarricense de Calidad del aire horario durante marzo 2025. ICMA_PM25_horario.

Según la metodología usada que el índice costarricense de Calidad del aire se calculó sobre la base del reglamento de contaminantes criterio, con base en ello la calidad del aire en el Valle Central y el Área Metropolitana de Costa Rica se monitoreó a través de siete estaciones estratégicamente ubicadas: San José-IMN (1637), CIGEFI-San Pedro (1653), TEC Cartago (1762), Municipalidad de Santa Ana (1735), CTP-Belén (1775), Núcleo Fabio Baudrit (UCR) (1777) y Núcleo Experimental de la UNA EN Santa Lucía de Heredia (1776), la estación del Núcleo Fabio Baudrit estuvo en mantenimiento durante el mes.

Cada una de estas estaciones permitió evaluar las variaciones en la calidad del aire durante el mes de marzo y las primeras semanas de abril de 2025.

En particular el período entre el 12-19 de marzo, mostró índices de calidad del aire con base a particulado, muy altos, esto en particular se evidenció en la mayoría de las estaciones este primer día del mes, durante las primeras horas del día y con valores en el índice sobre los 60, siendo desfavorable en la escala de calidad del aire para contaminantes criterio.

Este patrón también fue evidente en la estación de la Fabio Baudrit y Belén, lo que sugiere la influencia de una mezcla de actividades humanas, factores meteorológicos en la acumulación de contaminantes y la erupción volcánica del Volcán Poás. Los valores máximos incluso fueron superiores a 80 en la escala del ICCA, lo que representa valores superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Es probable que estos valores tan elevados de Belén y Alajuela al estar asociado con particulado, se deban a una mezcla del tránsito pesado vehicular, emisiones locales de chimeneas industriales, quemas agrícolas y ceniza volcánica.

Por ejemplo, la estación del TEC en Cartago (1762) registraron episodios puntuales de niveles elevados en el ICCA entre 13 a 19 de marzo.

3. Gases y Particulado general

Durante el mes de marzo 2025 se observó un comportamiento variado del particulado en el GAM de Costa Rica, la mayoría de las estaciones tuvieron un comportamiento similar, los días 13,16,20 y 26 de marzo donde se presentaron valores elevados sobre los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el resto del mes la mayoría de estaciones presentaron valores bajos de particulado.

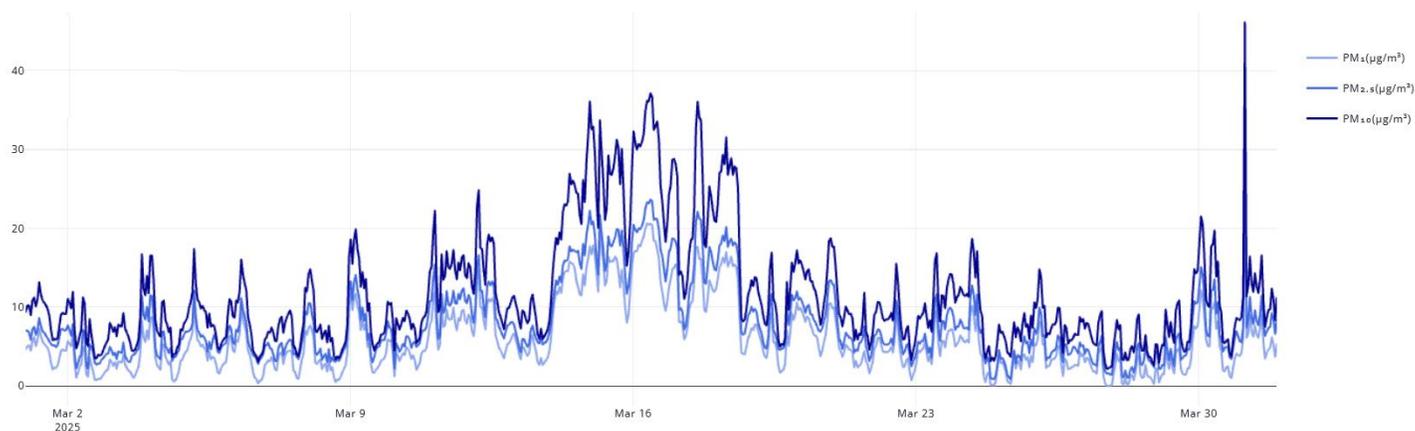


Figura 6. Particulado promedio del GAM (percentil 98) horario para el mes de marzo.

Durante el mes de marzo 2025 se observó un comportamiento variado de los gases contaminantes en el Valle Central, el ozono no se incrementó, sino que tuvo una menor dispersión en los datos a partir del 19 de marzo, manteniéndose valores entre 60 y $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los Niveles elevados de Ozono coincidieron con un incremento de las ráfagas y vientos alisios.

Los que presentaron mayor concentración de los contaminantes NO_2 , en los períodos de hora pico los días 13, 24 de marzo, muy por encima de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figura 7) encima de los rangos y parámetros sugeridos en el reglamento de contaminantes criterio, principalmente al oeste del Valle Central

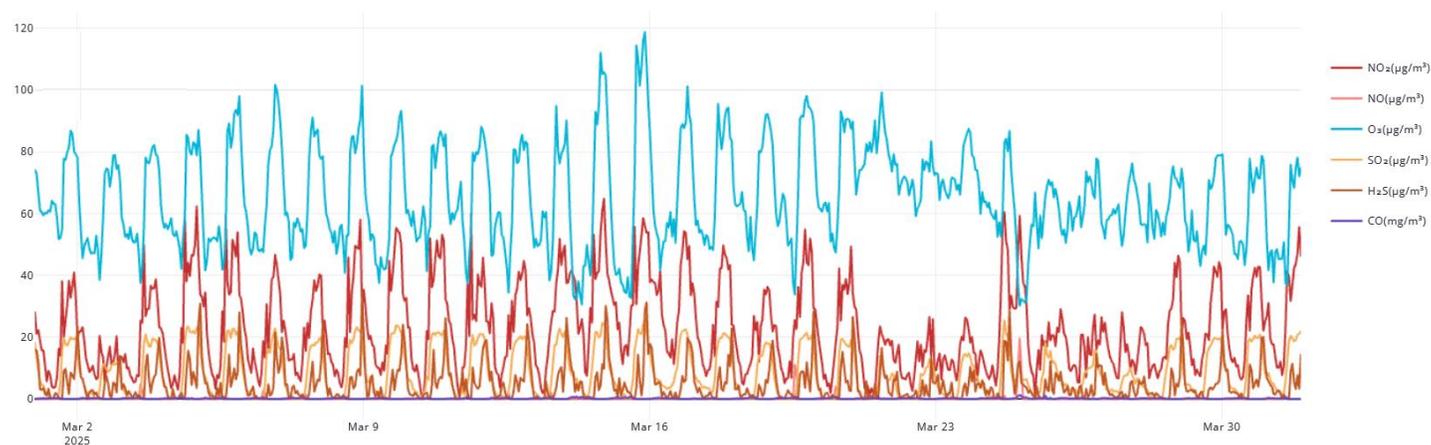


Figura 7. Gases promedio en el GAM (percentil 98) horario para el mes de marzo (NO_2 , O_3 , SO_2 , H_2S , CO).

4. Polvo del Sahara

La NAO estuvo la mayor parte del mes en fases positiva, aunque negativa en los primeros días, inhibiendo que se presentaron masas de polvo en la región, aunque se favorecen el desplazamiento de masas de polvo a la región la presencia de sistemas frontales evitó el arribo a la Centroamérica, por lo que se descartan sistemas sinópticos y de transporte de polvo.

4.1. Oscilación Ártica y Oscilación del Atlántico Norte:

Durante los meses invernales en el hemisferio norte –marzo a marzo-, la Oscilación Ártica y Oscilación Atlántico Norte (AO y NAO respectivamente), tienen una influencia importante en la incursión de empujes fríos desde el norte del América hacia el Mar Caribe.

La AO es una oscilación de la presión atmosférica entre latitudes polares y latitudes medias, que fluctúa entre fases negativa y positiva. La fase negativa produce un aumento en la presión atmosférica sobre la región polar y una disminución de la presión alrededor de la latitud 45°N, permitiendo que los empujes fríos migren hacia el sur hasta alcanzar latitudes tropicales; por el contrario, en la fase positiva los empujes fríos permanecen en el norte del continente.

Por su parte, la NAO es una oscilación que relaciona la presión atmosférica entre el sistema de alta presión subtropical de las Azores en el Océano Atlántico y el sistema de baja presión semiestacionario de Islandia. La fase positiva ocasiona que los empujes que llegan al Golfo de México no ingresen al Mar Caribe y, por el contrario, en la fase negativa está relacionada con el ingreso de los empujes fríos hasta el sur de la cuenca.

Durante la mayor parte de marzo (figura 8), ambas oscilaciones tuvieron un comportamiento similar negativa los primeros días del mes y positiva desde el 12 en adelante.

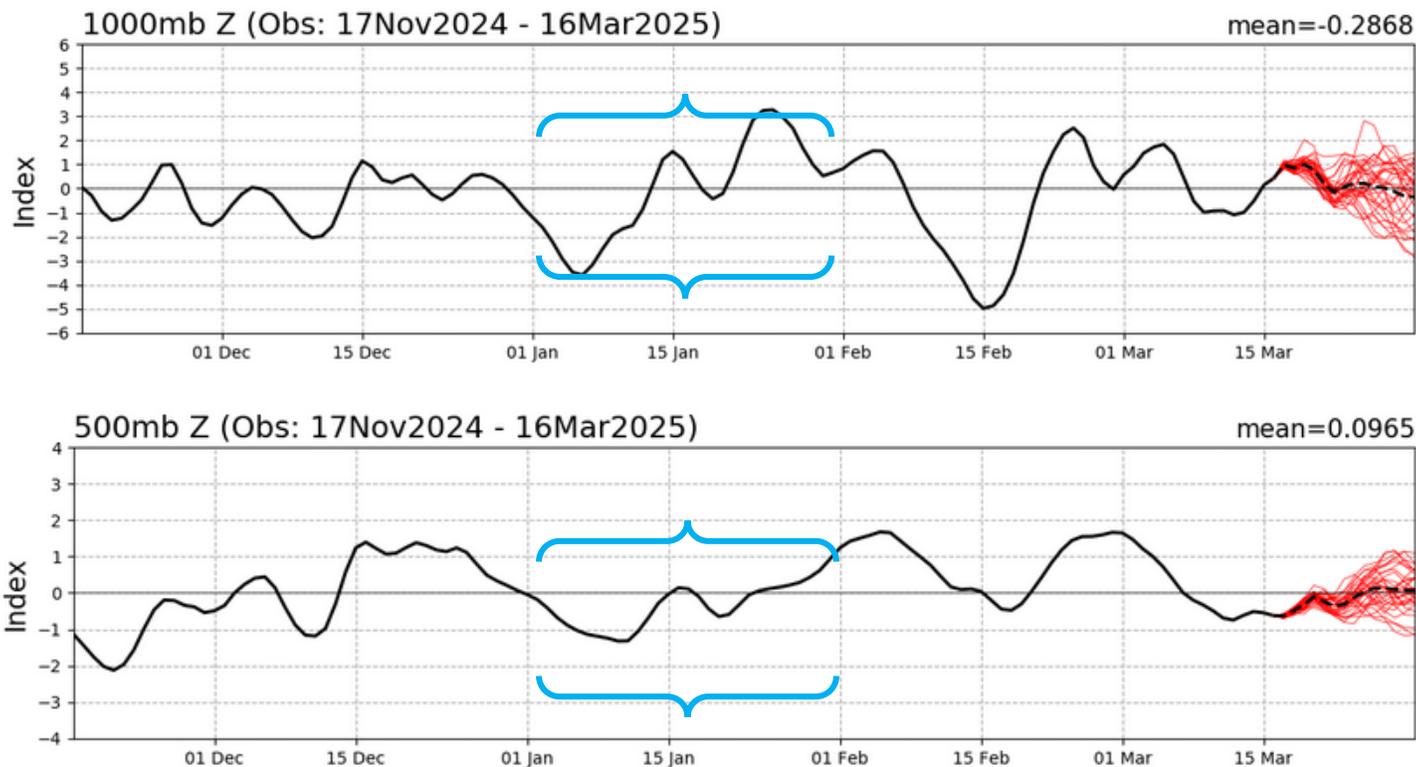


Figura 8. Variación del índice de las oscilaciones Ártica (arriba) y Atlántico Norte (abajo) durante el periodo de marzo de 2023 (valores entre corchetes celestes). Fuente: Climate Prediction Center-NOAA.

4. Incendios forestales y Calima

Durante los meses invernales en el hemisferio norte –marzo-, la Oscilación Ártica y Oscilación Atlántico Norte (AO y NAO respectivamente), tienen una influencia importante en la incursión de empujes fríos desde el norte del América hacia el Mar Caribe. Este mes no se presentaron incendios importantes en la región, región consecuencia de la humedad presente en los suelos, por lo que hubo poco arrastre de partículas de ceniza ni Pyrocúmulonimbus, que contribuye a la presencia de calima y a una disminución importante de la calidad del aire, sin embargo hubo un aumento significativo de puntos cálidos respecto a febrero, consecuencia de una atmósfera más seca.

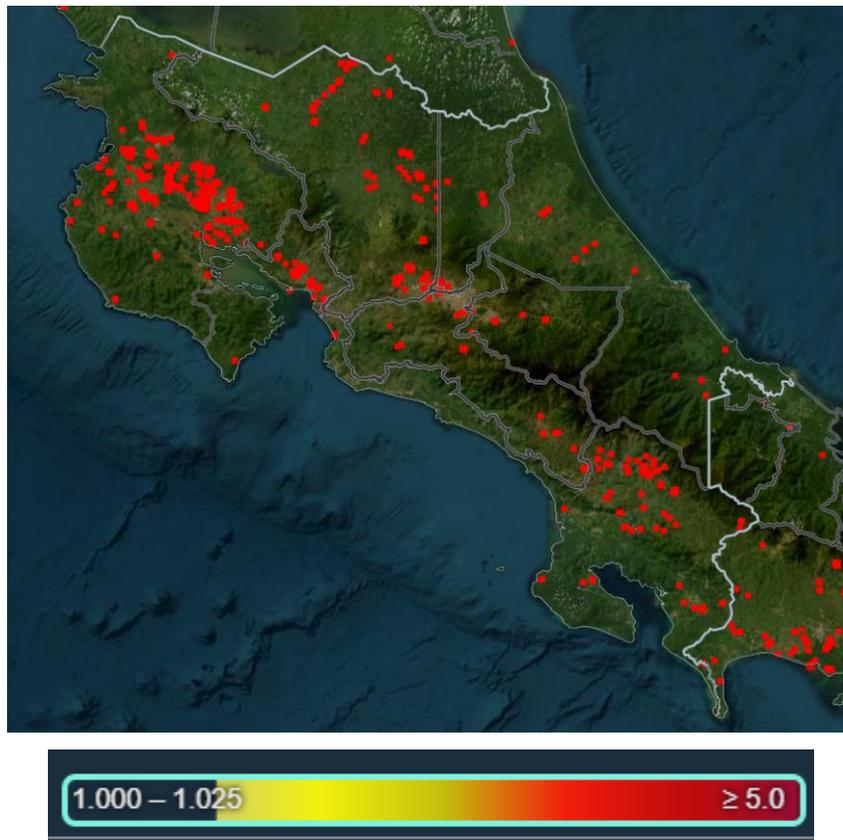


Figura 9. Puntos calientes incendios y espesor óptico de aerosoles (pirocúmulos) detectados entre 1-31 Marzo 2025. Fuente: Satélite VIIRS NOAA-20 y VIIRS S-NPP, FIRMS NASA.

Referencias

- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., . & Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *121*(21), 2331-2378.
- Calderón-Garcidueñas, L., Kavanaugh, M., Block, M., D'Angiulli, A., Delgado-Chávez, R., & Torres-Jardón, R. (2015). Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: A pilot study with children and dogs. *Brain and Cognition*, *77*(3), 345-355.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2019). Health effects of air pollution. Recuperado de <https://www.epa.gov/air-research/health-effects-air-pollution>
- García, R., & López, M. (2020). *Contaminación atmosférica y sus efectos en la salud*. Editorial Científica.
- González, A., Pérez, J., & Ramírez, L. (2017). Monitoreo de la calidad del aire en zonas urbanas. *Revista de Ciencias Ambientales*, *15*(2), 89-102.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate change and its impact on global health. Recuperado de <https://www.ipcc.ch>
- Molina, M. J., & Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: Chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, *249*(5460), 810-812.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Air pollution and health. Recuperado de [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Smith, J., Brown, P., & Taylor, K. (2018). Industrial emissions and environmental health risks. *Environmental Research Journal*, *12*(4), 278-294.
- Vrijheid, M., Casas, M., Gascon, M., Valvi, D., & Nieuwenhuijsen, M. (2016). Environmental pollutants and child health—a review of recent concerns. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *220*(2), 21-28.

