



Ministerio
de **Salud**
Costa Rica



Impacto de los Polvos del Sahara sobre la Calidad del Aire en la GAM

03 de julio del 2020

Boletín 2-2020

¿Qué hay en este boletín?

- Reporte parcial de la Calidad del Aire.
- ¿Qué son los Polvos del Sahara?
- Efecto sobre la calidad del aire
- Recomendaciones



Elaborado por el Laboratorio de
Análisis Ambiental:

José Félix Rojas
Víctor Hugo Beita
Tomás Soto
Minor Vargas
Julio Murillo
Jorge Herrera

Revisado y corregido por:

Ana Villalobos Villalobos
Erika Herrera Delgado
Eugenio Androvetto Villalobos

Para consultas:

jose.rojas.marin@una.ac.cr
jorge.herrera.murillo@una.ac.cr

Situación Actual

Durante la semana del 21 al 27 de junio del presente año, el país se vio afectado por la presencia de la Capa de Aire del Sahara, alcanzando la máxima intensidad entre el jueves y viernes. Condiciones como menor visibilidad, disminución de las precipitaciones, temperaturas más cálidas, atardeceres más brillantes e incluso irritaciones oculares y en las vías respiratorias fueron parte de las manifestaciones percibidas por la población como consecuencia de este fenómeno.

¿Qué es la Capa de Aire del Sahara?

La Capa de Aire del Sahara (SAL por sus siglas en inglés) consiste en una masa de aire caliente y muy seca cargada de polvo que se forma sobre el desierto del Sahara debido al efecto de los fuertes vientos del jet oriental africano, cuya intensidad máxima se alcanza entre mediados de junio y hasta mediados

de agosto y que se mueve sobre el Atlántico Norte Tropical llegando a afectar regiones del Caribe, América Central, México e incluso algunas regiones de los Estados Unidos como Florida y Texas (NOAA, 2020b).

Este fenómeno es una de las fuentes naturales de material particulado más importantes donde se producen cerca de 2×10^8 toneladas de aerosoles anualmente, los cuales son transportados hacia el Océano Atlántico, el Mar Mediterráneo y el Sur de Europa (Kabat, Unal, Pierce, Kindap, & Pozzoli, 2014), siendo una de las principales fuentes biogénicas de partículas suspendidas con diámetros menores a $10 \mu\text{m}$ y $2,5 \mu\text{m}$ (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$) así como la principal fuente de polvo atmosférico.

Red de Monitoreo

La vigilancia de la calidad del aire en el Gran Área Metropolitana del país se coordina a través de esfuerzos entre distintas instituciones como el Ministerio de Salud como ente rector del tema, la Refinería Costarricense de Petróleo, la Municipalidad de San José, la Municipalidad de Belén, la Municipalidad de Escazú, Municipalidad de Desamparados y la Universidad Nacional.

La Red de monitoreo está conformada por varias estaciones automáticas: dos pertenecientes al Ministerio de Salud, una del OVSICORI (UNA), otras dos son de RECOPE y una más perteneciente al Laboratorio de Análisis Ambiental (UNA). Además, se cuenta con 11 estaciones semiautomáticas de monitoreo con las cuales se mide material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$) las cuales pertenecen al Ministerio de Salud y la Universidad Nacional.

La Universidad Nacional, a través del Laboratorio de Análisis Ambiental de la Escuela de Ciencias Ambientales, brinda el soporte técnico en las mediciones ejecutadas, incluyendo el aseguramiento de la calidad de los datos y elaboración de los informes técnicos.



**Muestreador de Partículas PM_{10}
(Catedral Metropolitana)**



**Vista del Valle Central (Jueves de 25 junio y Miércoles 01 de julio).
Fotos: Ignacio Sánchez M.**

Composición y transporte de la Capa de Aire del Sahara

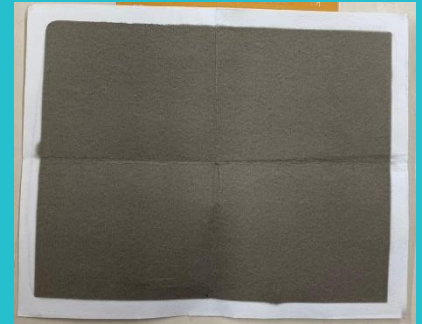
En cuanto a la composición de este material particulado, Poleo & Briceño (2014) y Rizzolo et al. (2016) señalan que contiene bacterias, hongos y virus, así como algunos nutrientes, entre ellos nitratos y fosfatos inorgánicos, hierro (II), hierro (III), sodio, calcio y magnesio, entre otros macro y micronutrientes.

La facilidad del transporte de estas partículas de polvo se debe a que las mismas tienen tamaños inferiores a los 100 μm , siendo pequeñas y de poco peso. Las características anteriores hacen posible que el viento y las corrientes de aire ascendente las dispersen sobre áreas bastante extensas, alcanzando alturas de entre 5 km y 7 km. Así mismo, esta masa de aire se mueve confinada entre dos capas de inversión, lo que le brinda estabilidad y le permite recorrer grandes distancias de escala planetaria en tiempos relativamente cortos (Mojena, Pérez, Ortíz, Ortega, & Rivero, 2006).

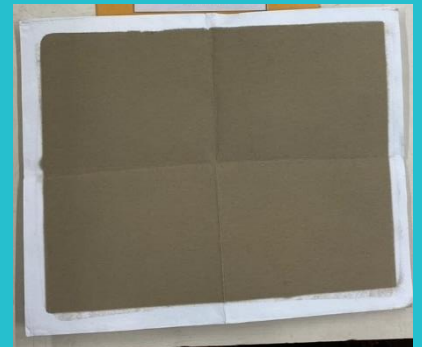
La Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ por sus siglas en inglés) es un factor que contribuye con la estacionalidad en los patrones de transporte. Durante el verano la SAL se desplaza predominantemente hacia el norte y en el invierno se mueve más hacia el hemisferio sur (Van der Does, Korte, Munday, Brummer, & Stuut, 2016).

Otros eventos controlantes en los patrones de emisión y transporte son los fenómenos "El Niño"-Oscilación del Sur (ENOS), Oscilación del Norte Atlántico (NAO), precipitaciones Sahelianas y la temperatura superficial en el desierto. En el verano boreal este evento es más intenso producto del aumento en la diferencia de temperatura que promueven células convectivas, facilitando la mayor emisión de polvo de estas zonas (Evan, Flamant, Gaetani, & Guichard, 2016).

Catedral Metropolitana



Filtro con partículas antes del evento



Filtro con partículas durante el evento

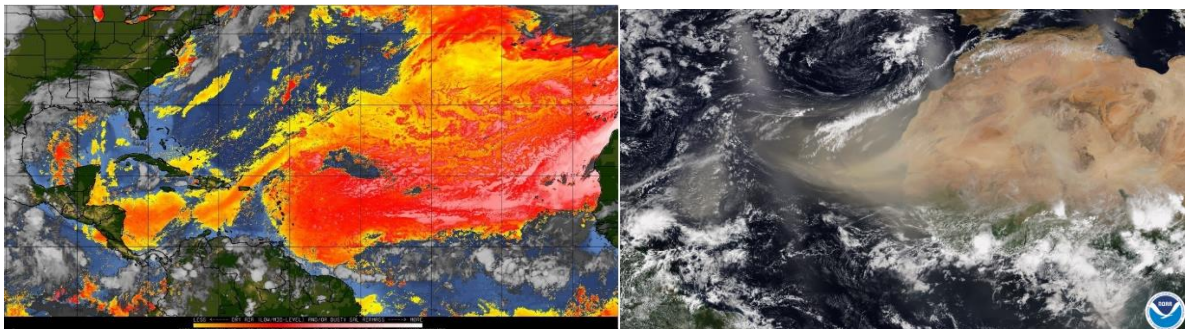


Imagen Satelital del avance de la Capa de Aire del Sahara sobre Costa Rica el jueves 25 de junio del 2020 a las 9pm (hora local). (Fotos: CIMSS, 2020 y NOAA, 2020)

Impactos de la Capa de Aire del Sahara

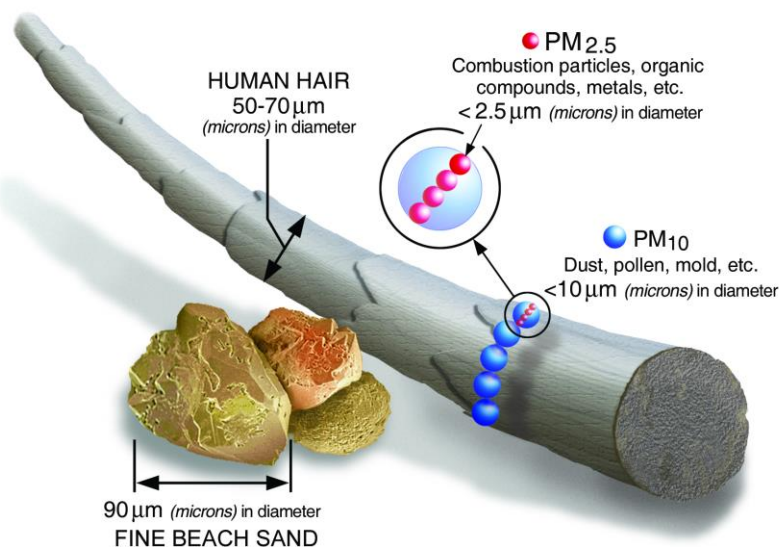
La Capa de Aire del Sahara desempeña un papel ecológico importante de fertilización en los suelos del Amazonas y los bosques de América, gracias al transporte de los nutrientes antes mencionados, compensando el efecto erosivo natural de las zonas tropicales producto de las fuertes precipitaciones que caracterizan a estas regiones (Gutro, 2020). Este efecto ecológico también se percibe en los océanos, ya que hay un aporte de nutrientes con la deposición de fracciones más gruesas que mejora el ciclo de carbono, estimulando el crecimiento de fitoplancton (Van der Does, Korte, Munday, Brummer, & Stuu, 2016).

Además, las condiciones secas, cálidas y ventosas asociadas con este fenómeno suprimen la intensificación y formación de ciclones tropicales y coinciden con el periodo del Veranillo sobre América Central (Gutro, 2020), ya que al ser un aire extremadamente seco (hasta 50 % menos húmedo que la atmósfera tropical) promueve la formación de corrientes descendentes alrededor de las tormentas, debilitándolas. De igual manera, los fuertes vientos en la Capa de Aire del Sahara, que pueden alcanzar los 10 m s^{-1} a 25 m s^{-1} , aumentan la cizalladura vertical del viento en y alrededor de las tormentas, lo que puede provocar la inclinación del vórtice del ciclón con la altura, interrumpiendo su motor térmico interno. En tercera instancia, las altas temperaturas de esta capa de aire hacen que se sitúe por encima del aire oceánico, relativamente más frío y denso, estabilizando la atmósfera, y suprimiendo la formación de nubes (NOAA, 2020b).

La emisión y transporte de material particulado de origen desértico producto de la Capa de Aire del Sahara ocasiona una degradación de la calidad del aire, ya que el mismo se suma a la contaminación del área afectada. Así mismo, de manera indirecta se documenta una acumulación de contaminantes antropogénicos locales, ya que este material funciona como núcleos de condensación favoreciendo la formación de nuevas partículas finas y la concentración de otros contaminantes que afectan la salud (Querol et al., 2019). Los aerosoles pueden tanto contribuir con el calentamiento o enfriamiento de la capa atmosférica de superficie, dependiendo de sus diámetros aerodinámicos. Al haber más presencia por la SAL, la dinámica de calentamiento y enfriamiento se acelera, y los perfiles térmicos se aumentan en la ciudad, aumentando la vorticidad en superficie.

Otro aspecto relevante relacionado con la Capa de Aire del Sahara es la afectación que pueden tener sobre la salud humana. Aunque existe poca investigación en este ámbito, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido que la contaminación con partículas, entre ellas el polvo, tiene efectos nocivos incluso a concentraciones bajas (Poleo & Briceño, 2014).

Las partículas de PM_{10} cuentan con un diámetro lo suficientemente pequeño como para depositarse en las vías respiratorias, lo que puede generar complicaciones en personas con padecimientos respiratorios previos como asma, además de poder generar otras condiciones como infecciones respiratorias. Las partículas de $\text{PM}_{2.5}$ al poseer un diámetro aún más pequeño logran llegar hasta los alveolos ocasionando problemas cardiovasculares (Sandstrom & Forsberg, 2008).



Importancia del tamaño de las partículas en el aire (Foto: EPA, 2018)

El presente comunicado mostrará el comportamiento que tuvieron las concentraciones de partículas en el aire antes y durante este evento natural. En este contexto, la Red de Monitoreo mide continuamente los contaminantes criterio a través de tres tipos de metodologías: activa-manual, automática y pasiva. En el caso de partículas, la primera consta de 11 sitios de monitoreo, entre PM₁₀ y PM_{2.5}, distribuidos en distintos puntos estratégicos dentro de la Gran Área Metropolitana, para lo cual se coloca un equipo provisto con un filtro especial en donde se recolectan las partículas en un periodo de aproximadamente 24 horas, proceso que se realiza al menos tres veces por semana durante todo el año. La segunda consta de 6 estaciones automáticas distribuidas en la GAM que proveen datos continuos. Finalmente, la red pasiva es exclusiva para gases y no compete en este comunicado.

Partículas en el Aire: Tiempo real

La Figura N°1 muestra el comportamiento diario tanto de partículas PM₁₀ como PM_{2.5}, observado en la estación ubicada en Desamparados, para el período comprendido entre el 1° de enero al 30 de junio del presente año.

Los resultados indican la presencia de un pico considerable de partículas el jueves 25 de junio. Para ese día el máximo de PM₁₀ y PM_{2.5} estuvo en 111,3 µg/m³ y 38,8 µg/m³ respectivamente. De acuerdo con las imágenes de satélite, ese día se dio la afectación más importante por parte de la nube de polvo proveniente del Desierto del Sahara. Como consecuencia los niveles de partículas superaron los límites establecidos en nuestra legislación: 100 µg/m³ para PM₁₀ y 25 µg/m³ para PM_{2.5} (Decreto Ejecutivo N° 39951-S). Lo cual pudo ocasionar problemas de salud a la población más vulnerable, como niños, adultos mayores y otros con padecimientos respiratorios o cardiovasculares. Al analizar los datos horarios para la semana específica en la que se dio el evento (22 al 26 de junio), se pudo observar claramente (Figura N°2) que se dieron tres picos horarios: 23, 25 y 26 de junio. Evidentemente el pico del 25 de junio es el más importante en magnitud y duración lo que demuestra que la afectación se dio prácticamente en todo el día.

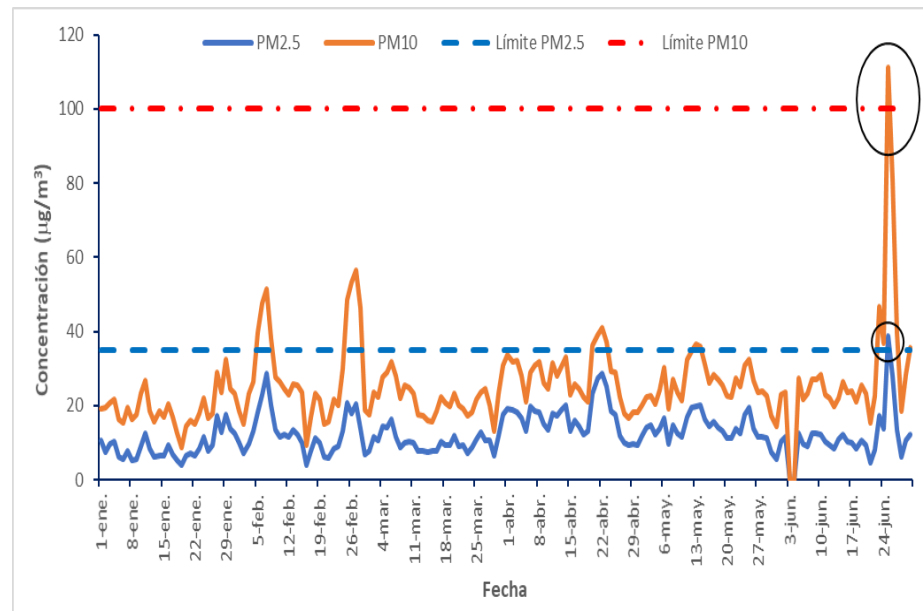


Figura 1. Concentraciones diarias de PM₁₀ y PM_{2.5} en Desamparados para el 2020

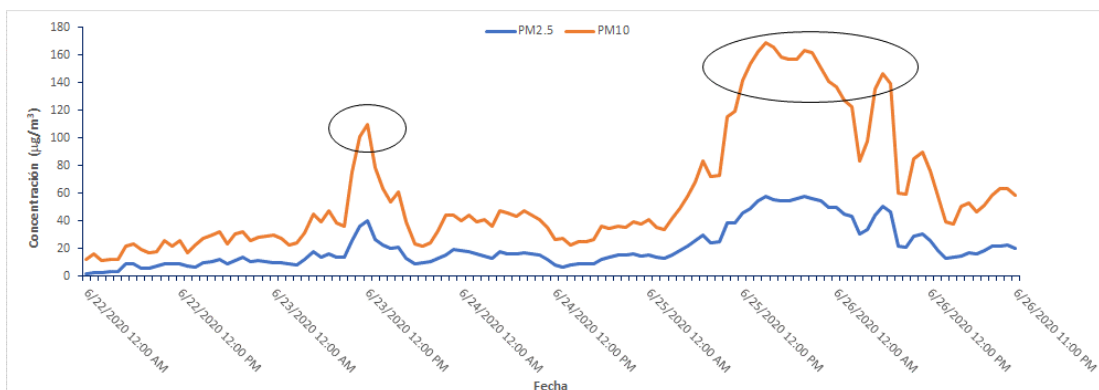


Figura 2. Concentraciones horarias de PM₁₀ y PM_{2.5} en Desamparados, del 22 al 26 de junio del 2020.

Partículas en el Aire: Red Manual

De acuerdo con los datos de partículas colectadas en la Red de Monitoreo, sí se evidenció un aumento progresivo en las concentraciones con el avance de la semana, alcanzando el máximo en el muestreo ejecutado entre el jueves y el viernes, siendo coincidente con lo observado en las imágenes satelitales. Por ejemplo, en el sitio ubicado en el edificio de la Rectoría de la UNA, se muestrea tanto partículas PM_{10} como $PM_{2.5}$ en el mismo equipo. En la Figura N°3 se observa el comportamiento de los datos en el mes de junio; además se marca con una línea vertical el inicio de la semana bajo la influencia de la SAL, y con líneas horizontales los límites según la legislación para el material particulado en 24 horas ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2.5}$).

Puede verse que en la semana analizada los valores fueron en aumento, generados por el acercamiento de la gran masa de aerosoles que se fue acercando al país, y se alcanzó el valor máximo en el muestreo realizado durante jueves y viernes, con $92,3$ y $41,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y $PM_{2.5}$, respectivamente.

La ciudad de San José es la más dinámica del país, con una alta densidad de actividades comerciales, tránsito vehicular y afluencia de ciudadanos. En el centro de la capital, donde se ubica la Catedral Metropolitana, se tiene una estación de medición PM_{10} , en donde también se observó que la concentración de partículas aumentó (Figura N°4), hasta alcanzar el valor máximo en el muestreo realizado durante los días de jueves a viernes, con $107,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual corresponde al triple de la concentración del día anterior ($37,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En la estación de PM_{10} , ubicada en La Uruca, el valor máximo obtenido fue $110,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que denota un incremento similar al anterior. Desde el punto de vista de afectación a la salud, estos aumentos en las concentraciones de partículas respirables (PM_{10}) podrían ocasionar problemas respiratorios a la población vulnerable.

En la Figura N° 5 se muestra el comportamiento en 3 sitios de monitoreo de la GAM: La Ribera de Belén, Heredia; la Estación del Ferrocarril en Cartago y la Sede Central de la Universidad Técnica Nacional en Alajuela. En todos estos sitios de monitoreo el aumento de las concentraciones obtenidas durante los muestreos realizados de jueves a viernes fue entre 50 % y 200 % mayor que la del día anterior (23 de junio). Además, el valor de la concentración de PM_{10} obtenido en la Estación del Ferrocarril en Cartago superó el límite de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, establecido en el DE-39951-S, para 24 horas de muestreo.

Si bien es cierto la SAL es un fenómeno natural, en términos de salud pública la información de su influencia y llegada al país es muy importante, de modo que las instituciones competentes promuevan la toma de medidas de prevención ante estos eventos, por ello es importante contar con la información epidemiológica para que en un futuro cercano se puedan hacer las asociaciones del incremento de enfermedades respiratorias con la calidad del aire.

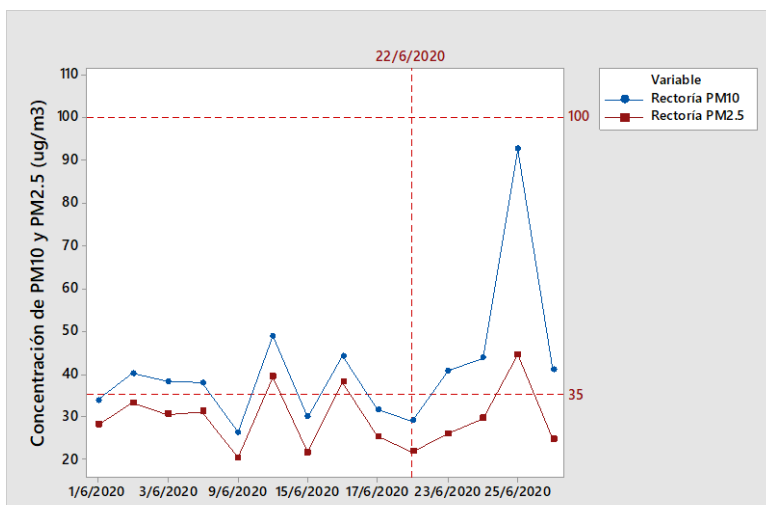


Figura 3. Concentraciones diarias de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Heredia, para junio 2020.

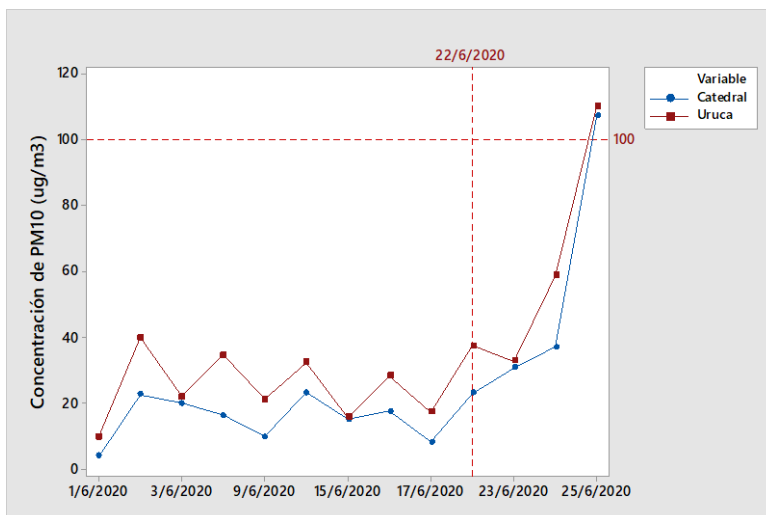


Figura 4. Concentraciones diarias de PM_{10} en Catedral y Uruca, para junio 2020.

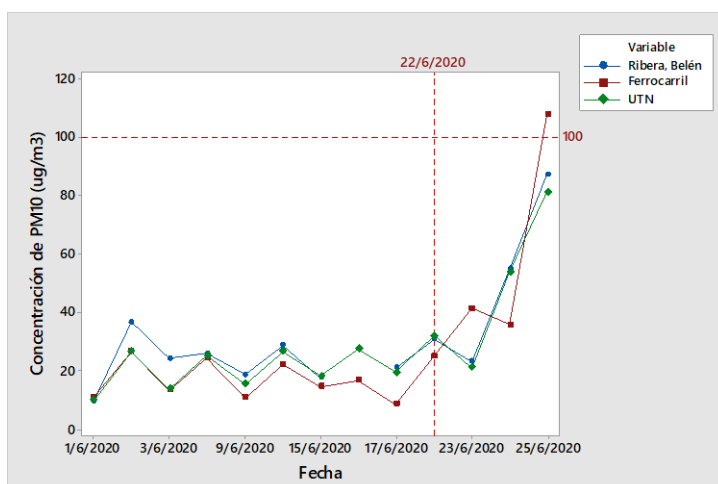


Figura 5. Concentraciones diarias de PM_{10} en Belén, Cartago y UTN, para junio 2020.

Conclusiones y Recomendaciones

Este evento natural generó condiciones momentáneas de una disminución en la calidad del aire, principalmente el día 25 de junio del 2020.

Las instituciones competentes deben promover el establecimiento de medidas de prevención ante la llegada de estos eventos, con el fin de notificar oportunamente y proteger la salud de la población.

Fortalecer la información epidemiológica con los datos generados por la Red de Monitoreo a fin de establecer las tendencias de incremento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares debido a la influencia de la calidad del aire.

En cierta medida la cuarentena por la Covid-19 y sus restricciones posiblemente ayudaron a disminuir la exposición de la población a las partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) en el ambiente.

El Ministerio de Salud debe contar con registros actualizados de la Caja Costarricense del Seguro Social de todos los casos de afectaciones respiratorias en la población y poder así asociarlo con la calidad del aire.

La Universidad Nacional, en conjunto con el Ministerio de Salud, está trabajando en la visualización en tiempo real de un índice de calidad del aire que permita alertar a la población cuando se dan estos eventos.

Reconocimientos

Se agradece a todas las instituciones participantes en la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire.



Referencias

- CIMSS. (2020). Tropical Cyclones Saharan Air Layer (SAL). Recuperado el 2020 de junio de 27, de Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies: <http://tropic.ssec.wisc.edu/real-time/sal/salmain.php?&prod=split&time=>
- EPA. (2018). Particulate Matter (PM) Pollution. Recuperado el 30 de junio de 2020 de United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- Evan, A., Flamant, C., Gaetani, M., & Guichard, F. (2016). The past, present and future of African dust. *Nature*, 531, 493-496. doi:<https://doi.org/10.1038/nature17149>
- Gutro, R. (2020). NASA-NOAA's Suomi NPP Satellite Analyzes Saharan Dust Aerosol Blanket. Recuperado el 30 de junio de 2020, de NASA's Goddard Space Flight Center: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/nasa-noaa-s-suomi-npp-satellite-analyzes-saharan-dust-aerosol-blanket>
- Kabatas, B., Unal, A., Pierce, R., Kindap, T., & Pozzoli, L. (1 de Agosto de 2014). The contribution of Saharan dust in PM10 concentration levels in Anatolian Peninsula of Turkey. *Science of the Total Environment*, 488-489, 413-421.
- Mojena, E., Pérez, R., Ortíz, P., Ortega, A., & Rivero, A. (2006). Tormentas de Polvo del Sahara. Su impacto en el Atlántico, Mar Caribe, y el Golfo de México. *Tecnologías Espaciales, Desastres y Agricultura en Iberoamérica*, 88-93.

- NOAA. (2020). NOAA Satellite Tracking Dust and Sand Being Blown from Sahara Desert. Recuperado el 30 de junio de 2020 de National Oceanic and Atmospheric Administration: <https://www.nesdis.noaa.gov/content/noaa-satellite-tracking-dust-and-sand-being-blown-sahara-desert>
- NOAA. (2020b). The Saharan Air Layer. Recuperado el 30 de junio de 2020, de NOAA's Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory: <https://www.aoml.noaa.gov/saharan-air-layer/>
- Poleo, D., & Briceño, J. (Diciembre de 2014). La intrusión de polvo del Sahara y del Sahel en la capa límite atmosférica del Mar Caribe: episodio agosto 2013. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 68-89.
- Querol, X., Tobías, A., Pérez, N., Karanasiou, A., Amato, F., Stafoggia, M., . . . Alastuey, A. (2019). Monitoring the impact of desert dust outbreaks for air quality for health studies. *Environmental International*, 130. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.061>.
- Rizzolo, J., Baboza, C., Borillo, G., Godoi, A., Souza, R., Andreoli, R., . . . Taylor, P. (2016). Mineral nutrients in Saharan dust and their potential impact on Amazon. *Atmospheric, Chemistry and Physics Discussions*, 1-43. doi:[doi:10.5194/acp-2016-557](https://doi.org/10.5194/acp-2016-557)
- Sandstrom, T., & Forsberg, B. (2008). Desert Dust: An unrecognized source of dangerous air pollution? *Epidemiology*, 19(6), 808-9.
- Van der Does, M., Korte, L., Munday, C., Brummer, G., & Stuut, J. (2016). Particle size traces modern Saharan dust transport and deposition across the equatorial North Atlantic. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*. doi:[doi:10.5194/acp-2016-344](https://doi.org/10.5194/acp-2016-344).