



Ask NASA ARSET: Remote Sensing Observations for Air Quality Applications

Pregúntele a NASA ARSET: Observaciones de Teledetección para Aplicaciones de la Calidad del Aire

Questions & Answers Sessions

Please type your questions in the Question Box. We will try our best to get to all your questions. If we don't, feel free to email Carl Malings (carl.a.malings@nasa.gov) or Melanie Follette-Cook (melanie.cook@nasa.gov).

Question 1: What is the difference between aerosols and particulate matter?

Answer 1: Aerosols and particulate matter (PM) are two ways to refer to solid or liquid particles suspended in the atmosphere and represent one of the two main categories of air pollutants. The other is gases (like NO₂ and ozone). The term 'Aerosol' is more often used by the research and climate communities and PM is typically used by the air quality (AQ) and health communities.

Pregunta 1: ¿Cuál es la diferencia entre aerosoles y materia particulada?

Respuesta 1: Los aerosoles y la materia particulada (PM) son dos formas de referirse a las partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera y representan una de las dos principales categorías de contaminantes en el aire. La otra son los gases como el NO₂ y ozono. El término "aerosol" es principalmente utilizado por las comunidades de investigación científica y estudios climáticos, mientras que el PM es típicamente utilizado por las comunidades de calidad del aire y salud.

Question 2: How can we compare ground based PM_{2.5} or PM with satellite based AOD (aerosol optical depth) values?

Answer 2: First, these are different quantities: PM measures the concentration at a particular point in the atmosphere (usually at the surface where people are breathing) and AOD measures the total amount of particles in the entire atmosphere. You will have to collocate the two data sets in space and time to compare them. Note that



ground-based $PM_{2.5}$ measurements are point measurements, whereas satellite-based estimates are often grid based (e.g., 1 km^2). Also, satellite-based estimates from polar orbiting sensors like MODIS or VIIRS represent the estimated PM at one time of day, whereas ground-based sensors often take hourly measurements. We can empirically relate the two quantities by taking $PM_{2.5}$ data measured by monitors and collocating with AOD, and looking at the correlation or the ratio between these quantities.

Alternatively, atmospheric models can simulate particles in the atmosphere, including both AOD as well as surface level $PM_{2.5}$. The models can tell what the relationship is between these two, and we can compare them to the empirical observations to assess accuracy and establish quantitative relationships between the two quantities.

Pregunta 2: ¿Cómo podemos comparar los valores in situ de $PM_{2.5}$ o PM con los valores de AOD (profundidad óptica de aerosoles) basados en satélites?

Respuesta 2: Primero, estas son diferentes cantidades: el PM mide la concentración en un punto particular de la atmósfera (generalmente en la superficie donde las personas están respirando) y el AOD mide la cantidad total de partículas en toda la atmósfera.

Deberán de colocalizar los dos tipos de datos en espacio y tiempo para compararlos.

Tengan en cuenta que las mediciones de $PM_{2.5}$ in situ son mediciones puntuales, mientras que las estimaciones por medio de satélites suelen ser en cuadrículas (por ejemplo, 1 km^2). Además, las estimaciones por satélites de sensores en órbita polar, como MODIS o VIIRS, representan el PM estimado en un momento del día, mientras que los sensores in situ a menudo hacen mediciones por lo menos cada hora.

Podemos relacionar empíricamente las dos cantidades tomando datos de $PM_{2.5}$ medidos por sensores in situ y colocándolos con AOD, y observando la correlación o la relación entre estas cantidades. Alternativamente, los modelos atmosféricos pueden simular partículas en la atmósfera, incluyendo tanto AOD como $PM_{2.5}$ a nivel del suelo. Los modelos pueden indicar cuál es la relación entre estas dos mediciones, y podemos compararlas con las observaciones empíricas para evaluar la precisión y establecer relaciones cuantitativas entre las dos cantidades.

Question 3: What does AOD actually measure?

Answer 3: Aerosol Optical Depth (AOD) is an optical quantity that represents the amount of aerosols between the surface and the top of the atmosphere. It is called “optical” because it measures the amount of light blocked, reflected, or scattered by the particles in the atmosphere. Satellite AOD measurements are related to how much light is blocked from reaching the satellite due to the presence of aerosols. Because it



is calculated from visible light, satellite-derived AOD is only available on daytime, over cloud-free areas. Algorithms also struggle with bright surfaces such as snow.

Pregunta 3: ¿Qué mide realmente el AOD (profundidad óptica de aerosoles) ?

Respuesta 3: La Profundidad Óptica de Aerosoles (AOD) es una cantidad óptica que representa la cantidad de aerosoles entre la superficie y la parte superior de la atmósfera. Se llama "óptica" porque mide la cantidad de luz bloqueada, reflejada o dispersada por las partículas en la atmósfera. Las mediciones de AOD por satélite están relacionadas con la cantidad de luz que se bloquea para llegar al satélite debido a la presencia de aerosoles. Dado que se calcula a partir de la luz visible, el AOD derivado de satélites solo está disponible durante el día y en áreas libres de nubes. Los algoritmos también tienen dificultades con superficies brillantes, como la nieve.

Question 4: Can I use satellite observations to measure surface ozone?

Answer 4: No, satellite observations of ozone are typically in terms of the tropospheric column (from the surface to the top of the troposphere), or the total column (from the surface to the top of the atmosphere). Most ozone is not near the surface but in the upper atmosphere. The bulk of the ozone signal which the satellite can detect comes from this layer of ozone, which overwhelms or blocks the ozone signal near the surface.

Pregunta 4: ¿Puedo usar observaciones satelitales para medir el ozono en la superficie?

Respuesta 4: No. Las observaciones satelitales de ozono son típicamente de la columna troposférica (desde la superficie hasta la parte superior de la troposfera) o de la columna total (desde la superficie hasta la parte superior de la atmósfera). La mayor parte del ozono no se encuentra cerca de la superficie, sino en la atmósfera superior. La mayor parte de la señal de ozono que el satélite puede detectar proviene de esta capa de ozono en la parte superior de la atmósfera - lo cual abruma o bloquea la señal de ozono cerca de la superficie.

Question 5: Can we compare ground-based NO₂ data which are in ppm and satellite data from OMI or TEMPO which is in molecules/cm² for the tropospheric column?

Answer 5: You need information about the vertical distribution of the pollutants to convert one quantity to the other. Similar to the comparison of PM and AOD (see Question 2), you can co-locate the measurements to empirically relate them, or use models to simulate this relationship. Establishing these relationships can be easier for



NO₂ than for ozone (see Question 4) because NO₂ tends to be concentrated near the Earth's surface, so changes in NO₂ observed by satellites tend to be strongly related with changes in surface NO₂. Still, it is important to know that they are not the same quantities, but via collocation or using an atmospheric model, we can establish a relationship between them.

Question 5: ¿Podemos comparar los datos in situ de NO₂ que están en ppm, con los datos de satélite de OMI o TEMPO, que están en moléculas/cm² para la columna troposférica?

Answer 5: Necesitas información sobre la distribución vertical de los contaminantes para convertir una cantidad en otra. Similar a la comparación de PM y AOD (ver Pregunta 2), pueden co-localizar las mediciones para relacionarlas empíricamente o usar modelos para simular esta relación. Establecer estas relaciones puede ser más fácil para el NO₂ que para el ozono (ver Pregunta 4) porque el NO₂ tiende a concentrarse cerca de la superficie de la Tierra, por lo que los cambios en el NO₂ observados por los satélites tienden a estar fuertemente relacionados con los cambios en el NO₂ en la superficie. Aun así, es importante saber que no son las mismas cantidades, pero a través de la co-localización o usando un modelo atmosférico, podemos establecer una relación entre ellas.

Question 6: I have been using TEMPO data to monitor air pollutants in major towns in the state of Jalisco, Mexico. I would like to know if there is a numerical model that I can use to generate forecasts. Perhaps something similar to WRF (weather forecasting) with which I am familiar.

Answer 6: [WRF-Chem](#) is a version of the WRF model that incorporates chemical simulations. We would suggest using WRF-Chem if you are already familiar with WRF. NASA also runs [GEOS-CF](#), a global atmospheric composition forecasting system. You can access outputs from the forecast using the [FLUID website](#). For more information, please check out the prior ARSET training "[Introduction and Access to Global Air Quality Forecasting Data and Tools](#)".

Pregunta 6: He estado usando datos de TEMPO para monitorear contaminantes atmosféricos en las principales poblaciones del estado de Jalisco, México. Quisiera saber si existe algún modelo numérico que pueda usar para generar pronósticos. Tal vez algo parecido al WRF -estado del tiempo- con el cual estoy familiarizado.

Respuesta 6: [WRF-Chem](#) es una versión del modelo WRF que incorpora simulaciones químicas. Sugerimos utilizar WRF-Chem si ya estás familiarizado con WRF. NASA



también tiene [GEOS-CF](#), un sistema de pronóstico de composición atmosférica global. Puedes acceder a los resultados del pronóstico por medio de la página de [FLUID](#). Para más información, consulta la capacitación previa de ARSET "Introducción y Acceso a Datos y Herramientas de Pronóstico de Calidad del Aire Global".

Question 7: Which is the best method to compare the results of measurements?

Answer 7: There are many ways to compare measurements; without details on what you are trying to achieve, it is difficult to give general guidance. Some common statistical metrics which are used include correlation, bias, and accuracy (commonly reported using root mean square error). [Here is one paper](#) which explains some common metrics used to assess air pollution measurements, as well as some cautionary notes about how these metrics might be misinterpreted.

Pregunta 7: ¿Cuál es el mejor método para comparar los resultados de las mediciones?

Respuesta 7: Hay muchas formas de comparar mediciones; sin detalles sobre lo que estás tratando de lograr, es difícil ofrecer orientación general. Algunas métricas estadísticas comunes que se utilizan incluyen correlación, sesgo y precisión (comúnmente reportada usando el error cuadrático medio). [Aquí hay un artículo](#) que explica algunas métricas comunes utilizadas para evaluar las mediciones de contaminación del aire, así como algunos comentarios sobre cómo estas métricas pueden ser malinterpretadas.

Question 8: Which sensor or satellite is recommended for performing a regional analysis of greenhouse gases and black carbon?

Answer 8: First, greenhouse gases are gases, so a satellite that can measure them is necessary. TROPOMI might be a useful place to start, since it measures carbon species like methane. Black Carbon is a type of aerosol, so instruments which measure aerosols and in particular measure the absorption properties of aerosols are needed. VIIRS is an example of one of those sensors.

You can find more about greenhouse gas measurements and climate-relevant satellite data from these previous ARSET trainings:

- [Measuring Atmospheric Carbon Dioxide from Space in Support of Climate Related Studies](#)
- [Applications of Carbon Dioxide Measurements for Climate-Related Studies](#)



There is also an upcoming training on Methane:

[Methane Observations for Large Emission Event Detection and Monitoring](#)

(will also be bilingual, please sign up for our listserv to be notified about upcoming trainings at <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>)

Pregunta 8: ¿Que sensor o satélite se recomienda para realizar un analisis de gases de efecto invernadero y carbono negro a nivel regional?

Respuesta 8: Primeramente, los gases de efecto invernadero son gases, así que se necesita un satélite que mida estos. Es recomendable comenzar con un instrumento llamado TROPOMI que mide especies de carbono como metano. El carbono negro es un tipo de aerosol, por lo que se necesitan instrumentos que midan aerosoles y, en particular, que midan las propiedades de absorción de los aerosoles. VIIRS es un ejemplo de uno de esos sensores.

Puedes encontrar más información sobre mediciones de gases de efecto invernadero y datos satelitales relevantes para el clima en estas capacitaciones anteriores de ARSET:

- [Medición del Dióxido de Carbono Atmosférico desde el Espacio en Apoyo a los Estudios Relacionados Con el Clima](#)
- [Aplicaciones de Mediciones de Dióxido de Carbono para Estudios Relacionados con el Clima](#)

También habrá una capacitación en noviembre sobre metano:

[Methane Observations for Large Emission Event Detection and Monitoring](#)

(También será bilingüe. Por favor, inscríbete en nuestra lista de correos para recibir notificaciones sobre próximas capacitaciones en

<https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>).

Question 9: Can you summarize, in current times, how far we have reached in the study of aerosols and air quality, what new techniques, datasets or models are currently being used, and what new research can be done by those who can only use open-source datasets?

Answer 9: This is a very broad question, but to get a sense of what is possible in terms of the study of air quality and aerosols from space, we recommend our previous introductory ARSET training: [An Inside Look at How NASA Measures Air Pollution](#)

Note that ARSET only provides training on open source data and tools.

Pregunta 9: ¿Puede resumir, en los tiempos actuales, hasta dónde hemos llegado en el estudio de los aerosoles y la calidad del aire, qué nuevas técnicas, datos o modelos se están utilizando actualmente y qué nuevas investigaciones pueden realizar quienes solo pueden utilizar datos de código abierto?



Respuesta 9: Esta es una pregunta muy amplia, pero para tener una idea de lo que es posible en términos de estudio de la calidad del aire y aerosoles desde el espacio, recomendamos nuestra capacitación introductoria previa de ARSET: [Un Vistazo a Cómo la NASA Mide la Contaminación del Aire](#)

Tenga en cuenta que ARSET solo ofrece capacitaciones con datos y herramientas de código abierto.

Question 10: How can we measure PM from space? Which datasets are used?

Answer 10: As a general approach, if we are able to establish a relationship between satellite AOD and surface PM using correlation or models, as discussed for Question 2, then we can apply this relationship to estimate the PM at the surface. Several datasets have been created using a variation on this approach, for example, by the Washington University St. Louis [Atmospheric Composition Analysis Group](#). Several datasets are also hosted on the [NASA SEDAC archive](#), and some are available to visualize in [NASA Worldview](#).

Pregunta 10: ¿Cómo podemos medir PM desde el espacio? ¿Qué datos se utilizan?

Respuesta 10: En general, si logramos establecer una relación entre el AOD satelital y el PM en la superficie utilizando correlaciones o modelos, como se discutió en la Pregunta 2, podemos aplicar esta relación para estimar el PM en la superficie. Se han creado varios datos utilizando una variación de esta metodología, por ejemplo, por el [Atmospheric Composition Analysis Group](#) de la Universidad de Washington en St. Louis. También hay varios datos almacenados en el centro de archivos [SEDAC](#) de la NASA, y algunos están disponibles para visualizar en [NASA Worldview](#).

Question 11: For a better analysis with satellite data, is it better to have a higher or lower spatial resolution?

Answer 11: It depends on your objective. For example, if you are doing a global study, low resolution could be sufficient as you care about getting a global average. You could use a high resolution dataset to do this, but you would have more data than you need and that could be more computationally difficult to work with. If you are interested in a specific city's air quality, a higher resolution will probably be needed.

Pregunta 11: Para un mejor análisis con datos satelitales es mejor tener una resolución espacial mayor o menor?

Respuesta 11: Esto depende de tu objetivo. Por ejemplo, si estás realizando un estudio global, una resolución baja podría ser suficiente, ya que te interesa obtener un



promedio global. Podrías usar datos de alta resolución para esto, pero tendrías más datos de los que necesitas, lo que podría ser computacionalmente más difícil. Si te interesa la calidad del aire en una ciudad específica, probablemente necesitarás una resolución más alta.

Question 12: How often is TROPOMI updated?

Answer 12: TROPOMI, a satellite in polar orbit, collects data for the whole world about once per day; the data are typically available with a short delay (usually a few hours, depending on the product). The retrieval algorithms used to translate the spectral radiation measurements made by TROPOMI to useful quantities for air quality (like the NO₂ concentration) are periodically improved and updated. This happens about every one or two years (for example, [the NO₂ algorithm has had several versions since 2018](#)). The [TROPOMI website](#) will have the latest information on the status of the instrument and the retrieval algorithms.

Pregunta 12: ¿Con qué frecuencia se actualiza TROPOMI?

Respuesta 12: TROPOMI es un satélite en órbita polar que recopila datos sobre todo el planeta aproximadamente una vez al día; los datos suelen estar disponibles con un corto retraso (generalmente unas pocas horas, dependiendo del producto). Los algoritmos de recuperación utilizados para traducir las mediciones de radiación espectral realizadas por TROPOMI en cantidades útiles para la calidad del aire (como la concentración de NO₂) se actualizan periódicamente. Esto ocurre aproximadamente cada uno o dos años (por ejemplo, el algoritmo de NO₂ ha tenido varias versiones desde 2018). La página web de TROPOMI tiene la información más reciente sobre el estado del instrumento y los algoritmos de recuperación.

Question 13: What would be the best satellite to obtain data of NO_x, SO_x, PM_{2.5}, and others?

Answer 13: It depends on your objective. TROPOMI, providing global coverage, is generally a useful satellite to look at gasses like NO₂ and SO₂. If you are interested in a specific region, however, it might be more useful to look at data from a geostationary satellite such as [TEMPO](#) (for North America) or [GEMS](#) (for East Asia), since these will provide multiple measurements per day for their regions. For PM_{2.5}, we can't measure directly but we can AOD and determine PM_{2.5} as discussed for Questions 2 and 10.

Pregunta 13: ¿Cuál sería el mejor satélite para obtener datos de NO_x, SO_x, PM_{2.5} y otros?



Respuesta 13: Depende de tu objetivo. TROPOMI tiene una cobertura global y es generalmente útil para observar gases como NO₂ y SO₂. Sin embargo, si estás interesado en una región específica, podría ser más útil utilizar datos de un satélite geostacionario como TEMPO (para América del Norte) o GEMS (para Asia del Este), ya que estos proporcionan múltiples mediciones por día para esas regiones. Para PM_{2.5}, no podemos medirlo directamente, pero podemos usar AOD y determinar PM_{2.5}- como se discutió en las Preguntas 2 y 10.

Question 14: Is there a training on how to work with both satellite and in situ sampling?

Answer 14: Part 2 of our recent training on ground-based remote sensing touches on this: [NASA Atmospheric Composition Ground Networks Supporting Air Quality and Climate Applications](#)

Pregunta 14: Hay alguna capacitación sobre cómo trabajar con el muestreo tanto de satélites como in situ?

Respuesta 14: Nuestra capacitación reciente sobre redes de sensores en la superficie aborda este tema:

<https://appliedsciences.nasa.gov/get-involved/training/english/arset-nasa-atmospheric-composition-ground-networks-supporting-air>

(en inglés solamente)

Question 15: Can you use the sensor low cost data (previous data quality) to compare with satellite data?

Answer 15: If you understand the quality of the low-cost sensor data, then you can compare them with satellite data as with any other in-situ measurement, as discussed previously (e.g., Question 2). [Here is a paper](#) describing use of satellite and low cost sensor data to look at wildfire impacts on PM. The [WMO recently published a report](#) on how low cost sensor data can be used alongside other information like satellite data.

Pregunta 15: ¿Puedes usar los datos de sensores de bajo costo (calidad de datos previa) y compararlos con datos satelitales?

Respuesta 15: Si entiendes la calidad de los datos del sensor de bajo costo, entonces puedes compararlos con los datos satelitales de la misma manera que con cualquier otra medición in situ, como se discutió anteriormente (por ejemplo, en la Pregunta 2). [Aquí hay un artículo](#) que describe el uso de datos satelitales y sensores de bajo costo para analizar los impactos de los incendios forestales en PM. La [OMM publicó](#)



[recientemente](#) un informe sobre cómo se pueden utilizar los datos de sensores de bajo costo junto con otra información, como los datos satelitales.

Question 16: Is the WRF going to be discontinued?

Answer 16: To my knowledge, there are no plans to discontinue WRF. [You can check their web page for updates.](#)

Pregunta 16: ¿Se discontinuará el WRF?

Respuesta 16: Hasta donde sé, no hay planes para discontinuar WRF. Puedes consultar su [página web para obtener actualizaciones.](#)

Question 17: I need to conduct research to monitor pollution levels around some electrical equipment. I am analyzing historical data from the MODIS-MAIAC satellite, which has a 1 km resolution. In some regions, there are no stations that measure pollutants. Is there data from other satellites with resolutions smaller than 1 km for this purpose?

Answer 17: There is a variation of the MAIAC algorithm being developed for the VIIRS sensors which will have a resolution of 0.75 km; this is still under development, though. [NOAA has developed an AOD algorithm for VIIRS with a 0.75 km resolution](#); we note that this dataset has not been globally validated to the same degree as the MAIAC product, however.

Pregunta 17: Necesito realizar investigaciones para monitorear los niveles de contaminación alrededor de algunos equipos eléctricos. Estoy analizando datos históricos del satélite MODIS-MAIAC, que tienen una resolución de 1 km. En algunas regiones, no hay estaciones que midan contaminantes. ¿Hay datos de otros satélites con resoluciones menores a 1 km para este propósito?

Respuesta 17: Hay una variante del algoritmo MAIAC que se está desarrollando para los sensores VIIRS, que tendrá una resolución de 0.75 km; sin embargo, esto todavía está en desarrollo. NOAA ha desarrollado un algoritmo de AOD para VIIRS con una resolución de 0.75 km; es importante señalar que estos datos no han sido validados globalmente con el mismo grado que el producto MAIAC.

Question 18: How do you foresee the integration of citizen science with remote sensing data enhancing our understanding of air quality trends in urban areas?

Answer 18: Citizen science can help us collect information in areas without current coverage by ground-based networks. These data can help us relate satellite information to surface air quality using empirical collocation methods discussed



previously (e.g., Question 2). Furthermore, citizen science can help us understand processes at spatial scales smaller than what the satellite can see, or understand what is happening at night or at other times when the satellite is not overhead. NASA supports many efforts to integrate citizen science activities with remote sensing data; see the [NASA citizen science page](#), [NASA Earth Science citizen science projects](#), and available [NASA resources to support citizen science research](#).

Pregunta 18: ¿Cómo prevés la integración de la ciencia ciudadana con datos de teledetección para mejorar nuestra comprensión de las tendencias de la calidad del aire en áreas urbanas?

Respuesta 18: La ciencia ciudadana puede ayudarnos a recopilar información en áreas sin cobertura de redes de medición in situ. Estos datos pueden ayudarnos a relacionar la información satelital con la calidad del aire en la superficie utilizando los métodos de colocación empíricos discutidos anteriormente (por ejemplo, en la Pregunta 2). Además, la ciencia ciudadana puede ayudarnos a entender procesos en escalas espaciales más pequeñas que las que puede captar el satélite, o comprender lo que sucede por la noche cuando el satélite no está sobrevolando. NASA apoya muchas actividades para integrar actividades de ciencia ciudadana con datos de teledetección; consulte la [página de ciencia ciudadana de la NASA](#), los [proyectos de ciencia ciudadana de Ciencias de la Tierra de NASA](#) y los [recursos disponibles para apoyar la investigación en ciencia ciudadana](#).

Question 19: How could I estimate concentrations of particulate matter smaller than 2.5 microns from satellite images in an area that is mostly covered by clouds and has an area of approximately 1,587 km²? Additionally, could GOES16 and MISR satellite images be used to estimate these concentrations?

Answer 19: Yes, it is possible to estimate surface PM_{2.5} from satellite data, including GOES and MISR information. This requires some other sources of information to relate the satellite observations to surface concentrations. Cloud cover is a common problem; missing data due to cloud cover must be filled either by interpolation or by bringing in other sources of information to help infer what the missing data might have looked like. See [this paper](#) on estimating surface PM using GOES data, and [this paper](#) using MISR data for examples.

Pregunta 19: Cómo podría estimar concentraciones de material particulado inferior a 2.5 micras a partir de imágenes satelitales en un área donde la mayor parte del tiempo está cubierta por nubes y su área es aproximadamente de 1,587



km2?. Adicionalmente, se podría utilizar imágenes de los satélites GOES16 y MISR para estimar estas concentraciones?

Respuesta 19: Sí, es posible estimar el PM_{2.5} en la superficie a partir de datos satelitales, incluyendo información de GOES y MISR. Esto requiere algunas otras fuentes de información para relacionar las observaciones satelitales con las concentraciones en superficie. La cobertura de nubes es un problema común; los datos faltantes debido a la cobertura de nubes deben ser completados, ya sea mediante interpolación o utilizando otras fuentes de información para ayudar a inferir cómo podrían haber sido esos datos faltantes. Consulte [este artículo](#) sobre la estimación de PM en superficie utilizando datos de GOES, y [este otro](#) que utiliza datos de MISR como ejemplos.

Question 20: Does AOD capture the full range of particulate matter sizes, such as PM₁₀, PM_{2.5}, and PM₁? If so, how can the contribution of each size range be deconvoluted to isolate PM_{2.5} specifically?

Answer 20: AOD is measured at a particular wavelength, and different wavelengths are more sensitive to different sizes of particles. By measuring AOD at multiple wavelengths, information on the size distribution can be inferred. Parts 1 and 2 of our [recent training on NASA's atmospheric composition ground networks](#) explains how AOD information at different wavelengths from AERONET can be used to estimate the particle size distribution.

Pregunta 20: ¿Captura el AOD todo el rango de tamaños de material particulado, como PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁? Si es así, ¿cómo se puede deconvolucionar la contribución de cada rango de tamaño para aislar específicamente el PM_{2.5}?

Respuesta 20: El AOD se mide en una longitud de onda particular, y diferentes longitudes de onda son más sensibles a diferentes tamaños de partículas. Al medir el AOD en múltiples longitudes de onda, se puede inferir información sobre la distribución del tamaño de las partículas. Las partes 1 y 2 de nuestra reciente capacitación sobre [las redes de composición atmosférica de NASA](#) explican cómo se puede utilizar la información del AOD de AERONET en diferentes longitudes de onda para estimar la distribución del tamaño de las partículas.

Question 21: What type of satellite measures ultraviolet radiation values for South America, including Peru? What is the methodology for downloading those ultraviolet radiation values?



Answer 21: There is a [UV index data product](#) available from the OMI instrument. You can visualize the data in [NASA Worldview](#), and download data from [NASA Earthdata](#). You can also compare this product with modeled UV index from [CAM5](#) and from [ECCC](#).

Pregunta 21: ¿Qué tipo de satélite mide los valores de radiación ultravioleta para Sudamérica, incluyendo Perú? ¿Cuál es la metodología para descargar esos valores de radiación ultravioleta?

Respuesta 21: Hay [datos del índice UV](#) disponible del instrumento OMI. Puedes visualizar los datos en [NASA Worldview](#) y descargarlos desde [NASA Earthdata](#). También puedes comparar estos datos con el índice UV modelado de [CAM5](#) y de [ECCC](#).

Question 22: After finishing Fundamentals of Remote Sensing courses and presentations, what are some next steps for certifications/trainings and so forth for a curious non-STEM graduate?

Answer 22: After completing the Fundamentals of Remote Sensing, any of our ARSET introductory-level courses could be a next step, depending on your interest. For example, our most recent introductory course for air quality is:

[An Inside Look at How NASA Measures Air Pollution](#)

Pregunta 22: Después de finalizar los cursos y presentaciones sobre los Fundamentos de la Teledetección, ¿cuáles son algunos pasos siguientes para certificaciones/capacitación y demás para un graduado no STEM curioso?

Respuesta 22: Después de completar los Fundamentos de la Teledetección, cualquiera de nuestros cursos introductorios de ARSET podría ser un siguiente paso, dependiendo de tus intereses. Por ejemplo, nuestro curso introductorio más reciente sobre calidad del aire es:

[Un Vistazo a Cómo la NASA Mide la Contaminación del Aire](#)

Question 23: What future collaborations do you envision between NASA and local governments or organizations to enhance air quality monitoring and response efforts?

Answer 23: The [NASA Health and Air Quality Earth Action program](#) funds a number of efforts to make NASA data useful to local governments and other organizations. You can take a look at their [project portfolio](#) to see what sorts of collaborations they are currently engaging in, which might give some ideas about what future opportunities are



possible. [NASA SERVIR](#) is also expanding its work on air quality with international governments; there is a [call for proposals on this topic out now](#).

Pregunta 23: ¿Qué colaboraciones futuras prevees entre la NASA y los gobiernos u organizaciones locales para mejorar el monitoreo de la calidad del aire y los esfuerzos de respuesta?

Respuesta 23: El programa de Acción en Salud y Calidad del Aire de la NASA ([NASA Health and Air Quality Earth Action program](#)) financia varios proyectos para hacer que los datos de la NASA sean útiles para los gobiernos locales y otras organizaciones. Puedes consultar su [portafolio de proyectos](#) para ver qué tipos de colaboraciones están llevando a cabo actualmente, lo que podría darte ideas sobre posibles oportunidades futuras. Además, [NASA SERVIR](#) también está ampliando su trabajo en calidad del aire con gobiernos internacionales; actualmente hay una [convocatoria de propuestas](#) sobre este tema.

Question 24: The data downloaded from the TROPOMI and VIIRS sensors in what free software do you suggest working with them?

Answer 24: The Panoply software can be very useful for visualizing data from TROPOMI and VIIRS:

<https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>

ARSET also provides some introductory python code for working with data from these sensors:

<https://github.com/NASAARSET/TROPOMI>

https://github.com/NASAARSET/VIIRS_NASA

https://github.com/NASAARSET/VIIRS_NOAA

Another popular open source analysis software is R.

Our prior ARSET trainings on TROPOMI and VIIRS provide examples for the use of these codes:

[MODIS to VIIRS Transition for Air Quality Applications](#)

[High Resolution NO2 Monitoring From Space with TROPOMI](#)

Pregunta 24: Los datos descargados de los sensores TROPOMI y VIIRS en que software libre sugieren trabajarlos?

Respuesta 24: El software Panoply puede ser muy útil para visualizar datos de TROPOMI y VIIRS

<https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>



ARSET también proporciona algunos códigos de Python introductorios para trabajar con datos de estos sensores.

<https://github.com/NASAARSET/TROPOMI>

https://github.com/NASAARSET/VIIRS_NASA

https://github.com/NASAARSET/VIIRS_NOAA

Otro software de análisis de código abierto popular es R. Nuestras capacitaciones previas de ARSET sobre TROPOMI y VIIRS contienen ejemplos para el uso de estos códigos.

[MODIS to VIIRS Transition for Air Quality Applications](#)

[High Resolution NO₂ Monitoring From Space with TROPOMI](#)

Question 25: In the Patagonian forest area, significant concentrations of Sulfur Dioxide Surface Mass appear. Is it released by the trees or where does it come from?

Answer 25: I am not certain, but the main sources of SO₂ are typically industrial activities (such as coal burning and smelting of metals) and volcanic activity. Perhaps the most relevant source here are the volcanoes in the Andes mountain range. You can look at the [Goddard Space Flight Center Sulfur Dioxide monitoring page](#) for more insights.

Pregunta 25: En la zona de bosques patagónicos aparecen concentraciones importantes de dióxido de azufre en la superficie ¿lo liberan los árboles o de dónde provienen?

Respuesta 25: No estoy seguro, pero las principales fuentes de SO₂ suelen ser de las actividades industriales (como la quema de carbón y la fundición de metales) y la actividad volcánica. Tal vez la fuente más relevante aquí sean los volcanes en la cordillera de los Andes. Puedes consultar la [página de monitoreo de dióxido de azufre del Goddard Space Flight Center](#) para obtener más información.

Question 26: Perhaps comparisons have been made between aerosol results obtained from S5P satellite images with OMI or TEMPO images with AOD results? When performing tests to obtain aerosol results from S5P images of the TROPOMI sensor, negative values of the contamination index are obtained. What is the reason?

Answer 26: Not sure what is meant by 'contamination index'. The algorithm that calculates AOD from OMI and TROPOMI is described in [this paper](#). In addition to AOD, the algorithm also provides an Aerosol Index. Aerosol Index is a parameter that can be



used to distinguish between absorbing and non-absorbing aerosols. Absorbing aerosols (e.g. smoke, dust) yield AI values > 1 and non-absorbing aerosols (e.g. sulfates) yield AI values < 1 .

Pregunta 26: Quizás se hayan realizado comparaciones entre los resultados de aerosoles obtenidos de imágenes del satélite S5P con imágenes de OMI o TEMPO y los resultados de AOD. Al realizar pruebas para obtener resultados de aerosoles de imágenes del sensor TROPOMI, se obtienen valores negativos del índice de contaminación. ¿Cuál es la razón?

Respuesta 26: No estoy seguro de a qué se refiere con “índice de contaminación”. El algoritmo que calcula AOD a partir de OMI y TROPOMI se describe en [este artículo](#). Además de AOD, el algoritmo también proporciona un Índice de Aerosoles (AI). El Índice de Aerosoles es un parámetro que se puede utilizar para distinguir entre aerosoles que absorben y no absorben. Los aerosoles que absorben (por ejemplo, humo, polvo) generan valores de AI > 1 y los aerosoles que no absorben (por ejemplo, sulfatos) generan valores de AI < 1 .

Question 27: Can I use remote sensing data for climate models?

Answer 27: Yes! You can learn more about this in previous ARSET climate trainings: [Measuring Atmospheric Carbon Dioxide from Space in Support of Climate Related Studies](#)

[Applications of Carbon Dioxide Measurements for Climate-Related Studies](#)

There is also an upcoming training on Methane:

[Methane Observations for Large Emission Event Detection and Monitoring](#)

(will also be bilingual, please sign up for our listserv to be notified about upcoming trainings at <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>)

Pregunta 27: ¿Puedo utilizar datos de teledetección para modelos climáticos?

Respuesta 27: ¡Sí! Puedes aprender más sobre esto en los entrenamientos previos de ARSET sobre el clima:

[Medición del Dióxido de Carbono Atmosférico desde el Espacio en Apoyo a los Estudios Relacionados Con el Clima](#)

[Aplicaciones de Mediciones de Dióxido de Carbono para Estudios Relacionados con el Clima](#)

También habrá una capacitación sobre metano en noviembre de 2024

[Methane Observations for Large Emission Event Detection and Monitoring](#)

(También será bilingüe. Por favor, inscríbete en nuestra lista de correo para recibir notificaciones sobre los próximos entrenamientos en



<https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>)

Question 28: Is it possible to differentiate between AOD from anthropogenic sources and AOD specifically caused by dust from a desiccating lake, to know how these factors contribute to the final AOD in a specific region?

Answer 28: Depending on the composition of the anthropogenic sources, you might be able to distinguish between these two sources by size (dust particles are typically larger than aerosols found in urban haze), or by absorption (dust and carbonaceous aerosols are more absorbing than sulfates or nitrates). For absorption, you can look at the Aerosol Index from GOES, VIIRS, or AHI. Aerosol Index is a parameter that can be used to distinguish between absorbing and non-absorbing aerosols. Absorbing aerosols (e.g. smoke, dust) yield AI values > 1 and non-absorbing aerosols (e.g. sulfates) yield AI values < 1 . For particle size, the Angstrom Exponent (available from VIIRS) is related to the aerosol particle size. Values less than 1 typically suggest coarse particles (e.g. dust) and values greater than one 1 indicate finer particles (e.g. smoke, industrial pollution). These parameters would help you determine when one source was particularly dominant over a region, but would not be as helpful for determining the % contribution from one source or another.

Pregunta 28: ¿Es posible diferenciar entre el AOD de fuentes antropogénicas y el AOD causado específicamente por polvo de un lago en desecación, para saber cómo estos factores contribuyen al AOD final en una región específica?

Respuesta 28: Dependiendo de la composición de las fuentes antropogénicas, podrías distinguir entre estas dos fuentes por tamaño (las partículas de polvo son típicamente más grandes que los aerosoles encontrados en la neblina urbana) o por absorción (el polvo y los aerosoles carbonosos son más absorbentes que los sulfatos o nitratos). Para la absorción, puedes consultar el Índice de Aerosoles de GOES, VIIRS o AHI. El Índice de Aerosoles es un parámetro que se puede utilizar para distinguir entre aerosoles absorbentes y no absorbentes. Los aerosoles absorbentes (por ejemplo, humo, polvo) generan valores de IA > 1 y los aerosoles no absorbentes (por ejemplo, sulfatos) generan valores de IA < 1 . Para el tamaño de las partículas, el Exponente de Angstrom (disponible en VIIRS) está relacionado con el tamaño de las partículas de aerosol. Valores menores a 1 típicamente sugieren partículas gruesas (por ejemplo, polvo) y valores mayores a 1 indican partículas más finas (por ejemplo, humo, contaminación industrial). Estos parámetros te ayudarán a determinar cuándo una fuente es particularmente dominante en una región, pero no serán tan útiles para determinar el porcentaje de contribución de una fuente respecto a otra.