

Evaluación de seis metodologías para analizar ajustes y tendencias de los datos de los tres principales gases de efecto invernadero en la estación de vigilancia atmosférica global de Ushuaia. Parte 3: óxido nitroso (N₂O)

Nota Técnica SMN 2021-101

Gerardo Carbajal Benítez¹, María Elena Barlasina¹ y Lino Fabián Condori¹.

¹*Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios.*

Agosto 2021

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

RESUMEN

El trabajo muestra los resultados de seis metodologías para analizar los datos de óxido nítrico en la atmósfera y seleccionar el mejor método de ajuste y cálculo de sus tendencias. Los datos provienen de tres distintas fuentes, que son Global (GLO), del Observatorio Mauna Loa (MLO) y la Estación de Vigilancia Atmosférica Global VAG de Ushuaia (USH). El período de los datos es de junio de 1997 a diciembre de 2020 (23 años). Los resultados obtenidos, también se usan para reforzar al Boletín de Gases de Efecto Invernadero, editado por el SMN. Los métodos son polinomios; de 1er orden o lineal, 2do y 3er orden, el método no paramétrico de suavizado LOESS, polinomios; de 1er y 2do orden más la función seno. El análisis de los residuales en cada metodología es el criterio que establecemos para evaluar la mejor opción. De esta manera, encontramos que LOESS suavizado es la mejor opción, debido a que no presentan una tendencia significativa, mientras que los demás métodos sí tienen en sus residuales una tendencia. Después, se analiza las correlaciones para cada método, se encuentra que el polinomio de 1er orden más la función seno, es la que mejor correlación presentan ($r^2 = 0.9941$) de tal manera que es el usado para los datos producidos por la estación VAG de Ushuaia.

Abstract

This work shows the results of six methodologies to analyze the nitrous oxide data in the atmosphere, and select the best method for adjusting and calculating its trends. The data comes from three different sources, which are Global (GLO), the Mauna Loa Observatory (MLO) and the Global Atmospheric Watch GAW of Ushuaia (USH) Station. The data period since 1997 to 2020 (23 years). The results obtained are also used to reinforce the Greenhouse Gas Bulletin, published by the SMN. The methods are polynomials; 1st order or linear, 2nd and 3rd order, nonparametric method of LOESS smoothing, polynomials; 1st and 2nd order plus the sine function. The analysis of the residuals in each methodology is the criterion that we establish to evaluate the best option. In this way, we find that smoothed LOESS is the best option, because they do not present a significant trend, while the other methods do have a trend in their residuals. Afterwards, the correlations for each method are analyzed and it is found that the 1st order polynomial plus the sine function is the one with the best correlation ($r^2 = 0.9941$) in such a way that it is used for the data produced by the VAG station in Ushuaia.

Palabra clave: Óxido Nítrico (N₂O), VAG Ushuaia, Mauna Loa, Globales, polinomios, LOESS. Residuales y correlaciones.

Citar como:

Carbajal B., G., M. E. Barlasina, L. Condori, 2021: Evaluación de seis metodologías para analizar ajustes y tendencias de los datos de los tres principales gases de efecto invernadero en la estación de vigilancia atmosférica global de Ushuaia. Parte 3: óxido nítrico (N₂O). Nota Técnica SMN 2021-101.

1. INTRODUCCION

En términos generales, el óxido nitroso (N_2O) es parte de una familia que pertenece a los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los GEI son gases de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes, atrapando calor en la atmósfera dando lugar al efecto invernadero

Cambios en la concentración atmosférica de los GEI, en la radiación solar y en las propiedades superficiales del suelo afectan la absorción, dispersión y emisión de la radiación dentro de la atmósfera y en la superficie de la tierra. Los resultados positivos o negativos en el balance energético debido a estos factores son expresados como forzamiento radiativo, el cual es usado para comparar la influencia en el calentamiento o el enfriamiento sobre el sistema climático. Un forzamiento radiativo positivo tiende a calentar la troposfera y uno negativo tiende a enfriarla. El incremento de los GEI produce un forzamiento positivo, de tal manera que tiene una importancia el medir y calcular, la velocidad con la que se incrementan los GEI, para determinar su impacto en la atmósfera y el clima.

Cualquier cambio en la tendencia de los GEI, podría tener impactos importantes en la naturaleza y en las actividades humanas, a través del cambio climático. Debido a esta posible afectación, es necesario realizar un adecuado análisis de este tipo de cambios o tendencias, y para ello se requieren datos a resolución temporal anual. La recopilación de esta información a escala global es una tarea bastante compleja, en parte por la limitada disponibilidad de series de datos, debido al déficit de mediciones a lo largo del mundo.

El Programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) o en inglés Global Atmosphere Watch (GAW) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) organiza, participa y coordina mediciones de la composición química de la atmósfera a escala global, particularmente de los GEI. De esta manera, proporciona información científica confiable para los encargados de formular políticas, apoya las convenciones internacionales y contribuye a mejorar la comprensión del cambio climático y la contaminación atmosférica transfronteriza a largo plazo.

Esta Nota Técnica tiene por objetivo analizar las distintas maneras y metodología de medir tendencias de los GEI (CO_2 , CH_4 y N_2O), a través de distintos tipos de regresión, de los datos producidos en superficie a nivel global, en el Observatorio Mauna Loa (Hawái), Estación VAG Cape Grim (Australia) y Estación VAG Ushuaia. De esta manera establecer el tipo de regresión adecuada para la elaboración del Boletín GEI del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

2. LOS DATOS

Los datos que se usan son a escala global (GL) y puntuales, tal como el observatorio de Mauna Loa (MLO) y la estación VAG Ushuaia (USH). Dichos datos son obtenidos a través de muestras de aire, de tres o cuatro veces por mes en promedio, y posteriormente analizados por técnicas de espectrometría.

Todos los datos se expresan como una fracción molar de aire seco, que se define como el número de moléculas de óxido nitroso (N_2O) dividido por el número de todas las moléculas en el aire, incluido el propio N_2O , una vez eliminado el vapor de agua. La fracción molar se expresa como partes por billón (ppb). Ejemplo: $1,0 \times 10^{-6}$ se expresa como 1000 ppb.

2.1 Datos Globales, Observatorio Mauna Loa, Hawái y Estación VAG Ushuaia, Argentina

Las muestras de aire Desde Ushuaia son transportadas y analizadas en el Global Monitoring Division of NOAA's Earth System Research Laboratory de la NOAA (Dlugokencky y otros, 1994).

La mayoría de las mediciones de gases traza se realizan gravimétricamente (excepto El CO₂ y el O₃ sup.) con la preparación de patrones con gas comprimido, (Novelli y otros, 1991; Montzka y otros, 1993; Thompson y otros, 2004, Dlugokencky y otros, 2005) estándares preparados gravimétricamente como estándares primarios.

El análisis de óxido nitroso (N₂O) se realiza a través de un Cromatógrafo de Gases (GC) con un detector de captura de electrones y la separación se logra utilizando una columna empaquetada Porapak-Q. El gas portador es nitrógeno líquido de alta pureza y purificado, usando carbón activado (para eliminar hidrocarburos y SF₆) y un cartucho calentado, para eliminar el oxígeno (Hall y otros, 2007).

3. METODOLOGIA

Los métodos son polinomios; de 1er orden o lineal, polinomios de 2do y 3er orden, el método no paramétrico de suavizado LOESS, polinomios de 1er y 2do orden más la función seno (Primer y Segundo armónico). El análisis de los residuales para cada metodología es determinante, debido a que es el criterio que tomamos para evaluar cual es la mejor opción para los datos de N₂O para la VAG Ushuaia.

4. RESULTADOS

4.1. Ajustes y tendencias

En los datos de N₂O podemos observar dos patrones que repiten año tras año: 1) una tendencia que se incrementa a lo largo de la serie, y 2) una variación cíclica a lo largo de toda la serie. No es la intención ni el objetivo, hacer un análisis y descomposición de las series de tiempo.

Empezaremos por suavizar la tendencia al encontrar un modelo que explique mejor la variabilidad general, luego eliminaremos esa tendencia de los datos para explorar el componente cíclico.

4.1.1 Ajuste Lineal

Podemos intentar modelar la tendencia, ajustando una línea recta a los datos utilizando un procedimiento de análisis de regresión estándar. La línea en negro representa los datos de N₂O y la línea ajustada se muestra en rojo (Figura 1).

$$Y = a_0 + a_1 * X$$

$$N_2O \text{ (ppb)} = a_0 + a_1 * (\text{Año})$$

En la Figura 1 se muestra el ajuste lineal, donde inicia en junio de 1997 y finaliza en diciembre del 2020. Se observa que esa secuencia cíclica es aproximadamente constante y monótonamente creciente. En los tres casos, a partir del año 2005, ligeramente exponencial. El ajuste lineal se desvía hacia ambos extremos en los tres casos.

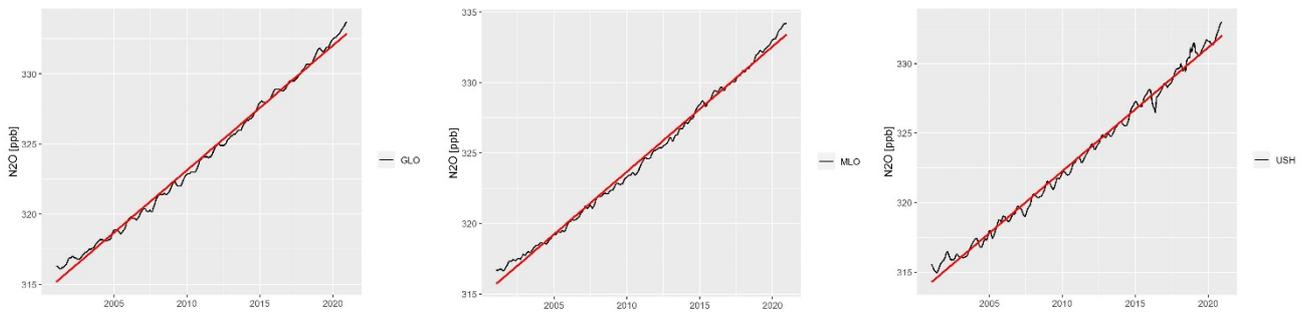


Figura 1. Incremento de N₂O desde junio del 1997 a diciembre del 2020. a) a la izquierda es el global, al centro es el Observatorio Mauna Loa (MLO) y a la izquierda la Estación VAG Ushuaia (USH).

A continuación, restamos la línea modelada de los datos de N₂O (N₂O – N₂O corr) Esto nos da los **residuos** (Figura 2). Se puede observar que una tendencia en forma de “U” está presente. Lo que sugiere que nuestro modelo lineal simple no tiene un buen desempeño para ajustar la serie de tiempo.

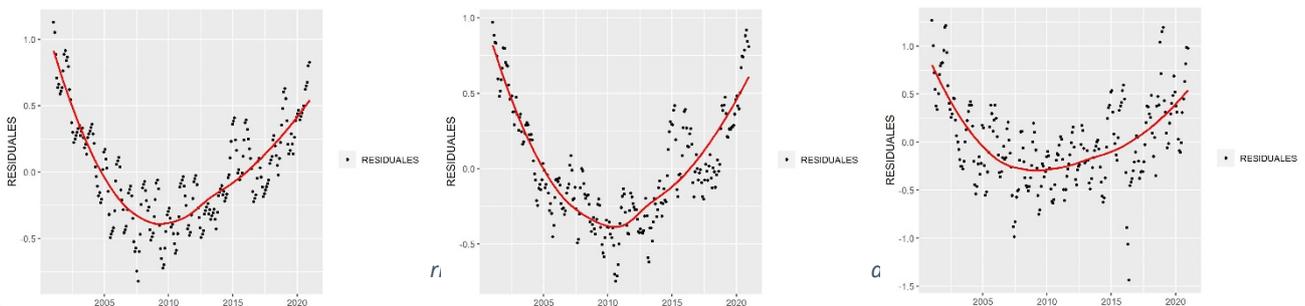


Figura 2. Análisis de residuos. Izquierda corresponde a los datos globales. Al centro son del Observatorio Mauna Loa y a la derecha la estación VAG Ushuaia.

4.1.2. Polinomio de Segundo Grado

Ahora vamos a intentar ajustar la tendencia usando un polinomio de segundo orden de la forma:

$$N_2O \text{ (ppb)} = a_0 + a_1 * (\text{Año}) + a_2 * (\text{Año}^2)$$

En la Figura 3 se observa el ajuste polinomial.

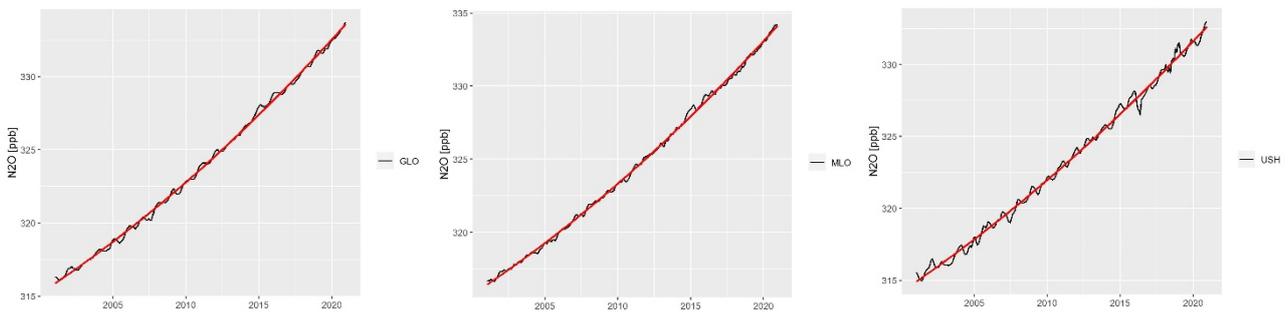


Figura 3. Incremento de N₂O desde junio del 1997 a diciembre del 2020. a) a la izquierda es el global, al centro es el Observatorio Mauna Loa (MLO) y a la izquierda la Estación VAG Ushuaia (USH).

Ahora, veamos los residuos, usando la misma metodología que en la lineal. Recordando que esto nos ayuda a discernir cualquier patrón en nuestros residuos y agregamos un loess suave para ajustar los residuos y nos permita visualizar si se nota una tendencia (Figura 4).

Se observa una mejora con respecto al modelo de regresión lineal (ajuste polinomial de primer orden). Sin embargo, todavía podemos distinguir una tendencia en forma de “N” invertida en los datos globales y de Mauna Loa, así como en la estación de Ushuaia. Por lo tanto, no es una buena metodología para usar en el ajuste de los datos de N₂O.

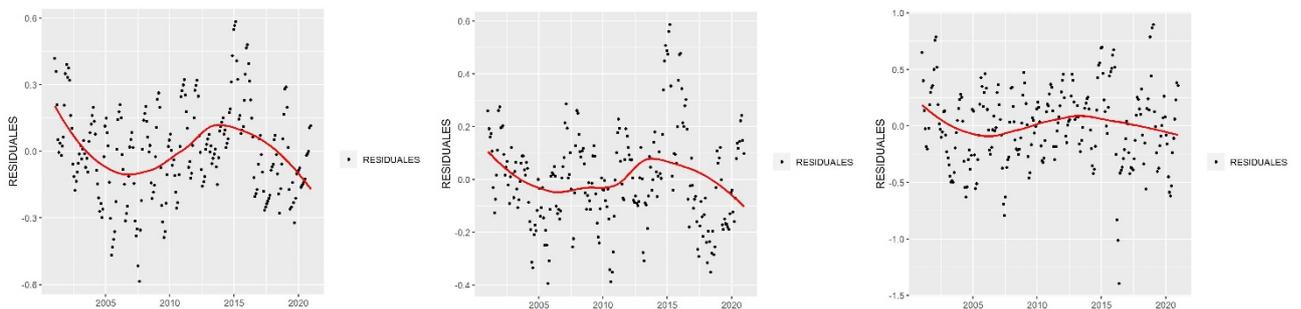


Figura 4. Análisis de residuos. Izquierda corresponde a los datos globales. Al centro son del Observatorio Mauna Loa y a la derecha la estación VAG Ushuaia.

4.1.3 Polinomio de Tercer Grado

Podemos probar con un polinomio de tercer orden y ver si mejoramos las anteriores situaciones (Figura 5).

$$N_2O \text{ (ppb)} = a_0 + a_1 * (\text{Año}) + a_2 * (\text{Año}^2) + a_3 * (\text{Año}^3)$$

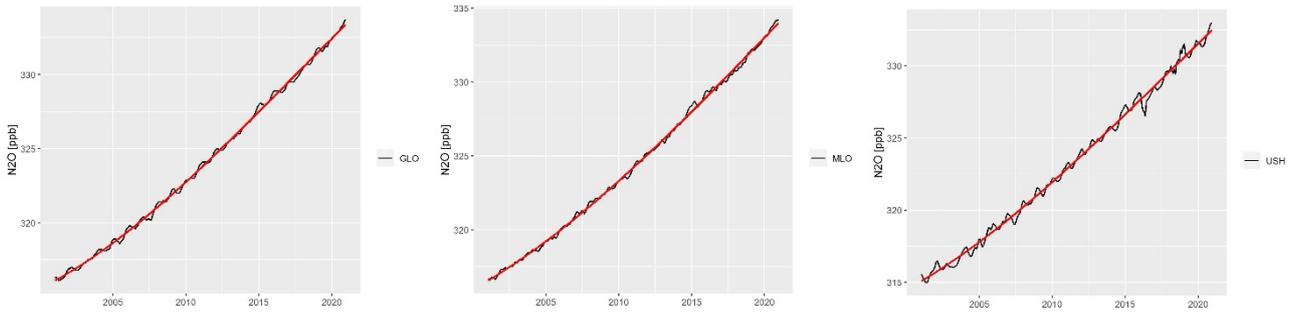


Figura 5. Incremento de N_2O desde junio del 1997 a diciembre del 2020. a) a la izquierda es el global, al centro es el Observatorio Mauna Loa (MLO) y a la izquierda la Estación VAG Ushuaia (USH).

Ahora calculamos los residuales (Figura 6).

Se puede observar claramente que no hay una mejora con respecto al polinomio de segundo orden. Nuevamente encontramos una tendencia en los datos globales, Mauna Loa y la estación de Ushuaia en forma de “N”. Se observa que el ajuste, no representa adecuadamente la curva de crecimiento de los datos de N_2O .

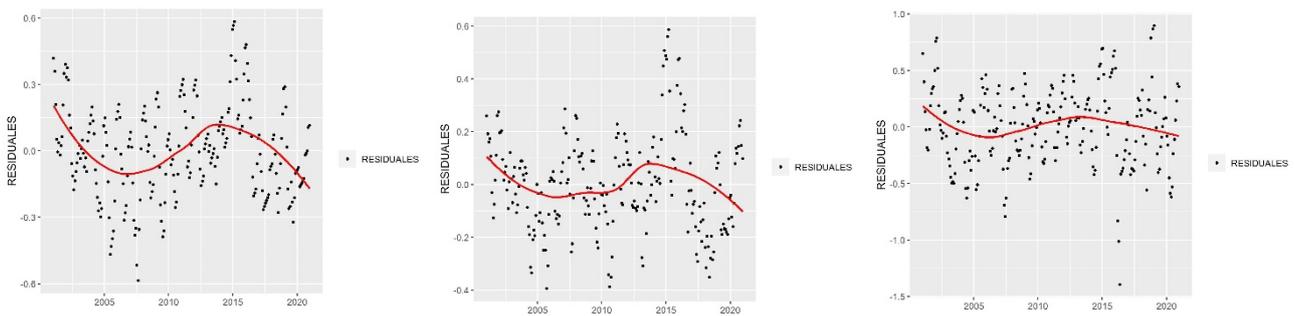


Figura 6. Análisis de residuales. Izquierda corresponde a los datos globales. Al centro son del Observatorio Mauna Loa y a la derecha la estación VAG Ushuaia.

4.1.4 Ajuste LOESS (TECNICA DE SUAVIZADO NO PARAMÉTRICO)

Cuando tenemos por objetivo el desplegar un patrón para encontrar otro o cualquier patrón subyacente, no debemos limitarnos a los ajustes paramétricos, que imponen un modelo matemático a nuestros datos y, en cambio, explorar técnicas de suavizado no paramétrico que no imponen ninguna estructura a los datos en absoluto. Un ejemplo de tal técnica de suavizado es el **ajuste Loess** (Figura 7).

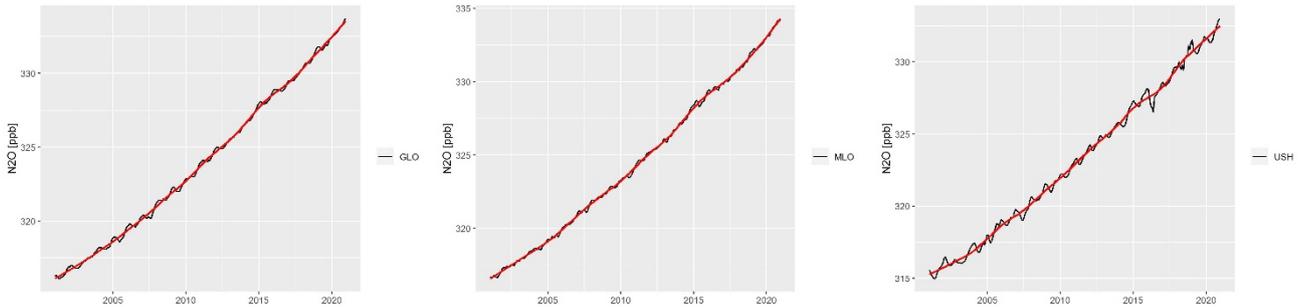


Figura 7. Incremento de N_2O desde junio del 1997 a diciembre del 2020. a) a la izquierda es el global, al centro es el Observatorio Mauna Loa (MLO) y a la derecha la Estación VAG Ushuaia (USH).

A primera vista, se puede observar que ajusta y representa muy bien los residuales de N_2O . Después, se observa que Loess es la función ideal, ya que hizo un mejor trabajo al eliminar cualquier patrón decenal en nuestros valores obtenidos de las mediciones de N_2O . Ya que no se observa una tendencia definida en la comparación de los tres sitios (Figura 8).

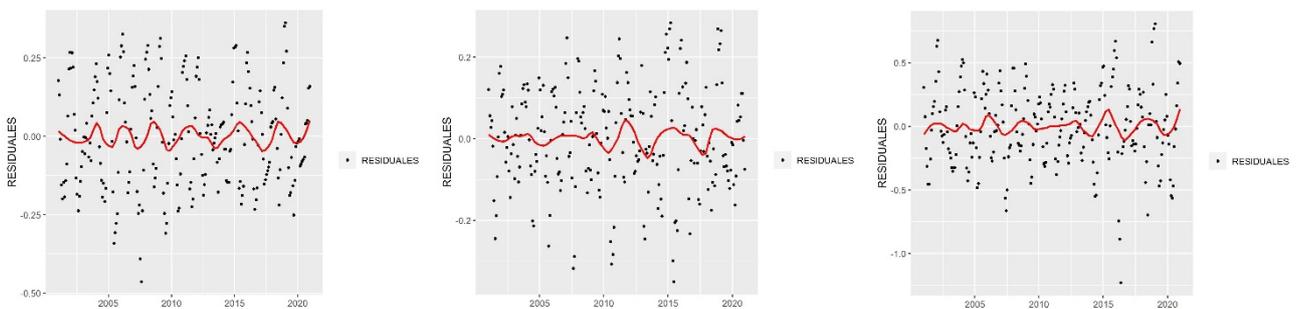


Figura 8. Análisis de residuales. Izquierda corresponde a los datos globales. Al centro son del Observatorio Mauna Loa y a la derecha la estación VAG Ushuaia.

Podemos continuar con los polinomios a modo de ensayo, pero agregáramos el componente cíclico, es decir una función que nos represente no solo la tendencia sino además la estacionalidad y para ello agregamos la función seno.

4.1.5 Polinomio de primer grado más la función SENO

A la función del polinomio de primer grado o lineal le vamos a sumar la función seno para representar no solo la tendencia sino modelar la estacionalidad, para después observar sus valores residuales y establecer si es una buena aproximación para usarla como tendencia. Se puede ver en la Figura 9 que la estacionalidad es bien representada, pero la tendencia no lo es para las tres series de datos, ya que los extremos mínimos y máximos, hay un desplazamiento que tiende a subestimar los datos de las mediciones de N₂O.

$$N_2O \text{ (ppm)} = a_0 + a_1 * (\text{Año}) + \text{Seno}(2*\pi*\text{Año}) + \text{Cos}(2*\pi*\text{Año}) + \text{Seno}(4*\pi*\text{Año}) + \text{Cos}(4*\pi*\text{Año})$$

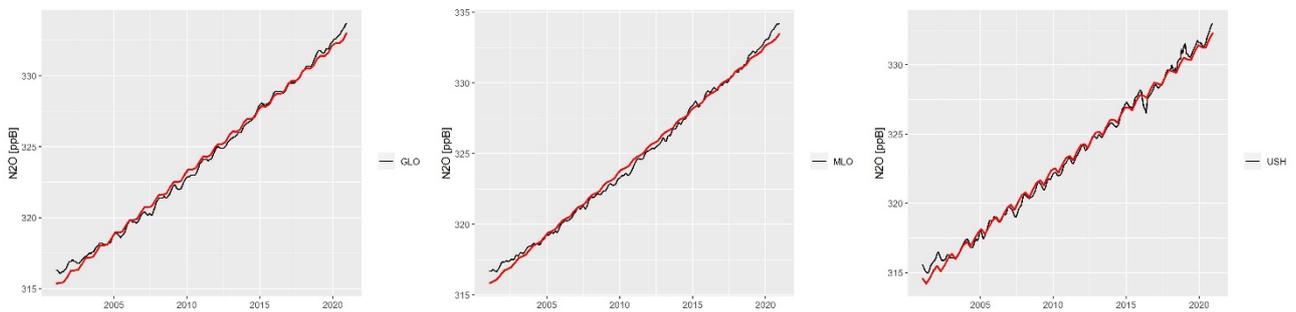


Figura 9. Incremento de N₂O desde junio del 1997 a diciembre del 2020. a) a la izquierda es el global, al centro es el Observatorio Mauna Loa (MLO) y a la izquierda la Estación VAG Ushuaia (USH).

Ahora calculamos los residuales y los resultados se presentan en la Figura 10.

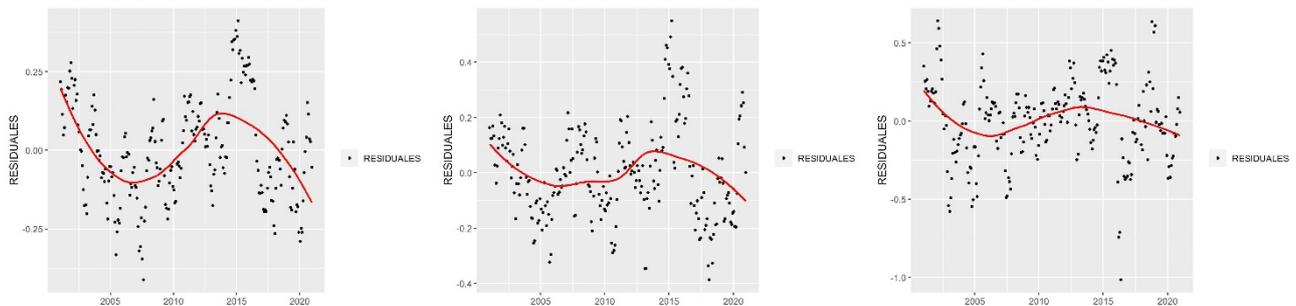


Figura 10. Análisis de residuales. Izquierda corresponde a los datos globales. Al centro son del Observatorio Mauna Loa y a la derecha la estación VAG Ushuaia.

Claramente en los residuales se observa una tendencia tipo “N” invertida para los datos globales, del observatorio Mauna Loa y la estación de Ushuaia. Por lo tanto, no es una buena aproximación para establecer como método de cálculo para ajustar los datos.

4.1.6 Polinomio de segundo grado más la función SENO

Finalmente, para abarcar un amplio margen de metodologías para establecer la tendencia más clara que representen las mediciones y valores de N₂O, se procede a usar un polinomio de segundo orden o cuadrático, más la función seno con el primer y segundo armónico (Figura 11). Se observa que representa mejor la tendencia y la estacionalidad que en el polinomio de primer grado y la función seno.

$$N_2O \text{ (ppm)} = a_0 + a_1 * (\text{Año}) + a_2 * (\text{Año}^2) + \text{Seno}(2*\pi*\text{Año}) + \text{Cos}(2*\pi*\text{Año}) + \text{Seno}(4*\pi*\text{Año}) + \text{Cos}(4*\pi*\text{Año})$$

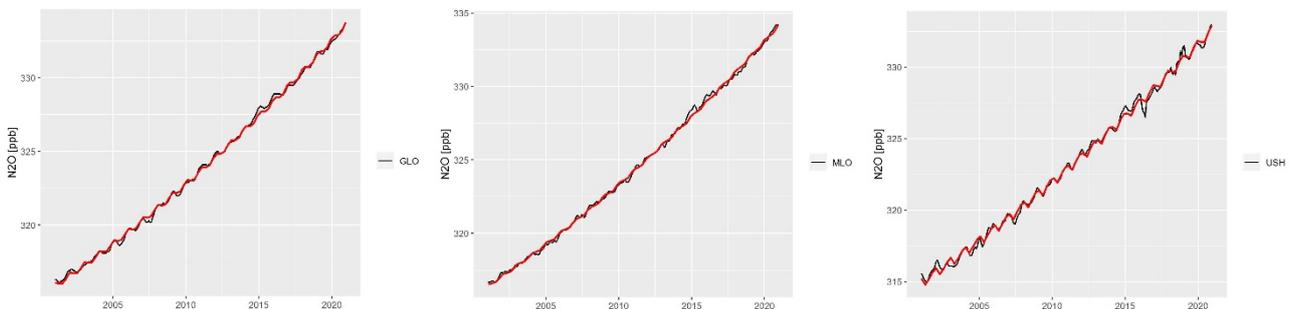


Figura 11. Incremento de N₂O desde junio del 1997 a diciembre del 2020. a) a la izquierda es el global, al centro es el Observatorio Mauna Loa (MLO) y a la izquierda la Estación VAG Ushuaia (USH).

Calculamos los residuales y observemos su comportamiento (Figura 12).

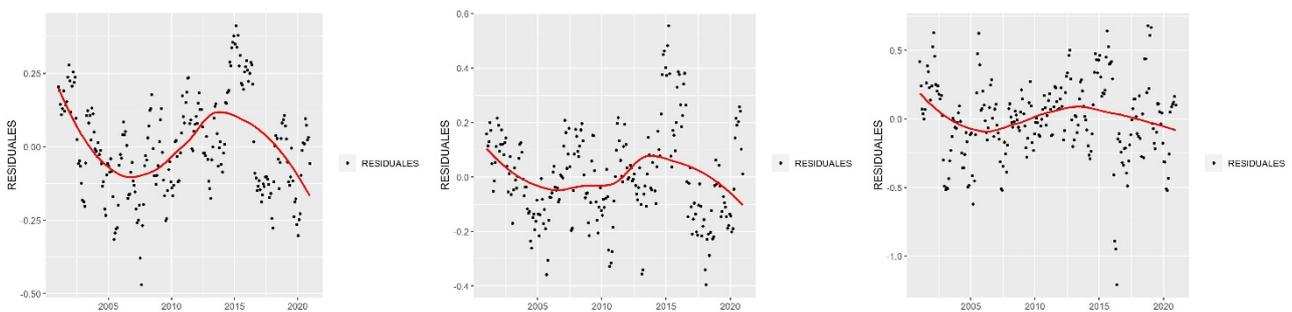


Figura 12. Análisis de residuales. Izquierda corresponde a los datos globales. Al centro son del Observatorio Mauna Loa y a la derecha la estación VAG Ushuaia.

Los residuales obtenidos son muy parecidos al polinomio de primer grado y la función seno. Para los datos de N₂O globales, el observatorio Mauna Loa y la estación Ushuaia tiene una tendencia tipo “N” invertida. Por lo tanto, no hay una buena representación por este método.

4.2 Tendencia

Seis diferentes metodologías de evaluación de ajuste y tendencia se han analizado para un período de tiempo que va desde junio de 1997 al 2020 (23 años) de datos de N₂O con tres diferentes series de datos, globales, del observatorio Mauna Loa y la estación de Ushuaia, haciendo evidente que la mejor opción para realizar el ajuste de los datos e inclusive poder modelar la curva, es el ajuste no paramétrico, mejor llamado LOESS suavizado. Pero LOESS no cuantifica el cambio de este gas, para determinado intervalo de tiempo. En este sentido y con el objetivo de cuantificar esa tendencia, hacemos un comparativo con las metodologías paramétricas, Para observar a través de la correlación, cuál sería la que tiene mejor desempeño (Tabla 1).

Tabla 1. Correlación para cada estación y la metodología que se usa para obtener el mejor ajuste a los datos de N₂O **GLO** son los datos globales, **MLO** es el observatorio Mauna Loa y **USH** es la estación de Ushuaia.

	GLO		MLO		USH	
	R ² - Múltiple	R ² - Ajustada	R ² - Múltiple	R ² - Ajustada	R ² - Múltiple	R ² - Ajustada
Polinomial 1er Orden	0.9945	0.9945	0.9957	0.9957	0.9926	0.9925
Polinomial 2do Orden	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9955	0.9955
Polinomial 3er Orden	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9955	0.9955
Polinomial 1er Orden + Seno	0.9991	0.9990	0.9986	0.9986	0.9975	0.9975
Polinomial 2do Orden + Seno	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9969	0.9969

Después de analizar las correlaciones, observamos que todas tienen una alta correlación, inclusive la lineal. Las más altas correlaciones son con los polinomios de primer orden, más la función seno. Tal como se obtiene en la página web de Global Monitoring Laboratory de la NOAA: https://gml.noaa.gov/ccgg/about/global_means.html (Dlugokencky et al., 1994). Además de la mejor correlación, puede describir la estacionalidad de los 23 años de medición de N₂O de los tres sitios.

Del ajuste de los 23 años de datos de N₂O con la mejor correlación y de donde se obtiene que, para los datos GLO un valor de la tendencia de aproximadamente **0,88 ppb·año⁻¹**, mientras que para los datos MLO se obtienen una tendencia de aproximadamente **0,86 ppb·año⁻¹**. Finalmente, en USH el valor de tendencia es de **0,88 ppb·año⁻¹**.

5. CONCLUSIONES

Con la finalidad de entender las metodologías usadas, se analizan y evalúan seis pruebas de ajuste y cálculo de tendencia del óxido nítrico (N₂O) en la atmósfera. Para esto, se usan datos GLO, MLO y USH, de esta manera se elige la mejor opción, según los residuales y correlación, para el programa de medición de los GEI en la Estación VAG de Ushuaia y en el Boletín de Gases de Efecto Invernadero, editado por el Servicio Meteorológico Nacional (Barlasina y otros, 2021).

El período de análisis es de junio de 1997 a diciembre de 2020 (23 años). Después de aplicar las 6 metodologías para obtener el ajuste de los datos en los 3 sitios de medición de N₂O, hemos encontrado que,

según el análisis de residuales (sin tendencia), el método no paramétrico de ajuste LOESS suave, es el que sigue y describe mejor el comportamiento de los datos a lo largo del tiempo.

Para calcular la tendencia, hemos considerado los 23 años de medición, es decir a partir de junio de 1997 debido al crecimiento exponencial del N₂O. Después de analizar las correlaciones, notamos que todas tienen valores aceptables, inclusive la lineal, pero la mejor correlación es la de los polinomios de primer orden más la función seno. Obteniendo, los valores para la tendencia de los datos **GLO** aproximadamente de **0,88 ppb^oaño⁻¹**, para los datos **MLO** es de **0,86 ppb^oaño⁻¹** y **USH** es de **0,88 ppb^oaño⁻¹**.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a “Manny” Gimond por la iniciativa: <https://mgimond.github.io/ES218/Week10a.html>.

Se agradece a la NOAA/EEUU por la disponibilidad de los datos de las series de tiempo del CO₂, Globales y del Observatorio Mauna Loa: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>.

Se agradece a la NOAA/EEUU por el análisis de las muestras de aire que se toman en la Estación VAG de Ushuaia, Argentina.

7. REFERENCIAS

Barlasina M. E., G. Carbajal, L. Condori, 2020: Boletín de Gases de Efecto Invernadero 2020, Repositorio Institucional SMN, <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1314>

Carbajal G., M. E. Barlasina, L. Condori, 2020: Evaluación de seis metodologías para analizar ajustes y tendencias de los datos de los tres principales gases de efecto invernadero en la estación de vigilancia atmosférica global de Ushuaia. Nota Técnica SMN 2020-91.

Conway, T.J., P.P. Tans, L.S. Waterman, K.W. Thoning, D.R. Kitzis, K.A. Masarie, N. Zhang, 1994: Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the NOAA/CMDL global air sampling network. J. Geophys. Res., 99, 22831-22855.

Dlugokencky, E.J., L.P. Steele, P.M. Lang, K.A. Masarie, 1994: The growth rate and distribution of atmospheric methane, J. Geophys. Res., 99, 17,021-17,043.

GLOBALVIEW-CO₂, 2010: Cooperative Atmospheric Data Integration Project - Carbon Dioxide. NOAA ESRL, Boulder, Colorado, 2010. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/globalview/co2/co2_intro.html.

Hall, B. D., G. S. Dutton, J. W. Elkins, 2007: The NOAA nitrous oxide standard scale for atmospheric observations, J. Geophys. Res., 112, D09305, doi:10.1029/2006JD007954.

Masarie, K.A., P.P. Tans, 1995: Extension and Integration of Atmospheric Carbon Dioxide Data into a Globally Consistent Measurement Record, J. Geophys. Res., 100, 11593-11610.

Montzka, S. A., R. C. Myers, J. H. Butler, J. W. Elkins, S. O. Cummings, 1993: Global tropospheric distribution and calibration scale of HCFC-22, Geophys. Res. Lett., 20, 703–706.

Novelli, P.C., L.P. Steele, P.P. Tans, 1991:, Mixing ratios of carbon monoxide in the troposphere, J. Geophys. Res., 97, 20,731-20,750.

Tans, P. P., T. J. Conway, T. Nakazawa, 1989: Latitudinal distribution of the sources and sinks of atmospheric carbon dioxide derived from surface observations and atmospheric transport model, J. of Geophys. Res., 94., 5151-5172.

Thompson, T. M. y colaboradores, 2004: Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory Summary Report No. 27, 2002 –2003, edited by R. C. Schnell, A. M. Buggle, and R. M. Rosson, U.S. Department of Commerce, 174 pp.

Thoning, K.W., P.P. Tans, W.D. Komhyr, 1989: Atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory, 2. Analysis of the NOAA/GMCC data, 1974 1985., J. Geophys. Res. ,94, 8549 8565.

Trolier, M., J.W.C. White, P.P. Tans, K.A. Masarie, P.A. Gemery, 1996: Monitoring the isotopic composition of atmospheric CO₂: measurements from the NOAA Global Air Sampling Network, J. Geophys. Res., 101, 25897-25916.

WMO, 2009: 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide Concentration and Related Tracers Measurement Techniques (Helsinki, Finland, 10-13 September 2007) WMO TD No. 1487, April 2009.

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).