# La principal causa de destrucción del ozono estratosférico son las partículas de cenizas volantes de carbón aerosolizadas, y no los gases clorofluorocarbonados

J. Marvin Herndon, Ph.D.
Transdyne Corporation
San Diego, CA 92131 USA

Mark Whiteside, M.D., M.P.H. Florida Department of Health Key West, Fl 33040 USA

#### **RESUMEN**

Presentamos pruebas convincentes que apoyan nuestra afirmación de que los principales elementos que destruyen el ozono estratosférico son las cenizas volantes de carbón y no los gases clorofluorocarbonados. Las partículas de cenizas volantes de carbón aerosolizadas, dispersadas en la estratosfera, no sólo sirven como agentes nucleantes de hielo, sino que quedan atrapadas y se concentran en las nubes estratosféricas, incluidas las nubes estratosféricas polares. En primavera, cuando las nubes estratosféricas comienzan a derretirse/evaporarse, se liberan esas partículas de cenizas volantes de carbón consumidoras de ozono, quedando disponibles para reaccionar con el ozono estratosférico y destruirlo. En consecuencia, es esencial dejar de contaminar el medio ambiente con cenizas volantes de carbón en aerosol si queremos disminuir la destrucción del ozono estratosférico, y el calentamiento global, lo que mejorará significativamente la salud humana y ambiental.

Palabras clave: agujero de ozono, Geoingeniería, fumigaciones aéreas, Troposfera, Calentamiento Global, radiación ultravioleta.

### 1 Introducción

La biosfera de la Tierra está colapsando a un ritmo sin precedentes, y muy especialmente la capa de ozono estratosférica que protege la vida en el planeta de la mortífera radiación solar ultravioleta. Ese colapso, que avanza desde hace décadas, se debe a la actividad humana, tanto deliberada como involuntaria. Por ello, sostenemos que descubrir las causas del colapso de la biosfera, debiera ser la máxima prioridad de los científicos. Sin embargo, con demasiada frecuencia, los científicos siguen trabajando sin rechistar en paradigmas problemáticos, mientras ignoran los descubrimientos que cambian los paradigmas [1, 2]. Aquí cuestionamos la idea de que los compuestos de clorofluorocarbono (CFC) son los principales agentes responsables del agotamiento del ozono estratosférico, y presentamos pruebas de que con toda probabilidad las cenizas volantes de carbón aerosolizadas son la causa principal de ese agotamiento, una causa que la comunidad científica ha pasado por alto.

En 1982, McCormick et al. [3] informaron de los avistamientos de nubes estratosféricas polares (PSC) realizados por el sistema de satélites Stratospheric Aerosol Measurement II (SAM II) durante los inviernos del norte y del sur de 1979. A partir de los datos del SAM II, Hamill et al. [4] llegaron a la conclusión de que la extinción de la luz no podía deberse únicamente a los cristales de hielo, lo que implica que una cantidad significativa de partículas esté asociada a las nubes estratosféricas.

En 1985, Farman et al. [5] informaron de que los niveles totales de ozono sobre la Antártida durante el mes de octubre habían disminuido constantemente desde 1970. En 1986, a partir de mediciones por satélite, Stolarski et al. [6] demostraron que el "agujero de ozono" cubre toda la Antártida y corresponde a la región delimitada por el vórtice polar del sur [4]. La causa del "agujero de ozono" antártico era un gran misterio [7].

Se realizaron considerables esfuerzos para determinar la causa del agotamiento del ozono estratosférico. Las especies químicas propuestas solían implicar reacciones en fase gaseosa, normalmente con halógenos y fotodisociación [8, 9]. En 1989, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó formalmente el "Protocolo de Montreal sobre

"Productos que agotan la capa de ozono", el cual regulaba numerosas sustancias químicas que contienen halógenos que forman fácilmente gases [10]. Así, las Naciones Unidas decretaron que tales productos químicos que contienen halógenos eran, de hecho, la principal causa del agotamiento de la capa de ozono.

Los clorofluorocarbonos (CFC) se utilizaban para diversos fines industriales, como refrigerantes, botes de spray, disolventes y agentes espumantes para crear aislamientos. En 1974, Rowland y Molina [8], avanzaron la teoría de que los CFC estaban destruyendo la capa de ozono estratosférica. Informaron de que estas moléculas no se descomponían en la atmósfera y acababan llegando a la estratosfera, donde se fotolizaban para liberar cloro reactivo, que destruye el ozono. La destrucción del ozono por los CFC se produciría en condiciones de luz solar en la estratosfera superior (30-50 km), no en la estratosfera inferior, donde reside la mayor parte del ozono. Se esperaba que el agotamiento global fuera del 5-10%, insuficiente para explicar el recién descubierto agujero de ozono de la Antártida. La química homogénea (en fase gaseosa) no podía explicar la pérdida de ozono [11]. Solomon y sus colaboradores argumentaron que las recién descubiertas Nubes Estratosféricas Polares (PSC's) en la estratosfera polar inferior, extremadamente fría, proporcionan zonas de reacción para reacciones químicas heterogéneas entre los gases de cloro relativamente inertes HCL y ClONO2. Su hipótesis era que las PSC's antárticas atraían electrostáticamente a los CFC's y les proporcionaban espacios de cristales de hielo, en los que podían tener lugar rápidamente las reacciones de agotamiento del ozono propuestas por Rowland/Molina [12].

Recientes descubrimientos sobre las causas de las Grandes Extinciones de la Tierra sugieren otra causa más probable del agotamiento del ozono estratosférico, las cenizas volantes del carbón. Las grandes extinciones de la Tierra se correlacionan con fenómenos volcánicos épicos llamados Grandes Provincias Ígneas (LIP) [13]. La Extinción del Pérmico (La Gran Mortandad) hace 250 millones de años coincidió con la LIP de las Trampas Siberianas, una efusión masiva de lava e intrusión de magma subterráneo que se mezcló con gruesos filones de carbón. Esta mezcla caliente de carbón y basalto se extruyó en numerosos lugares de la superficie, produciendo múltiples penachos de cenizas volantes piroclásticas, hollín, sulfato y polvo basáltico que ascendieron a la atmósfera superior [14]. Este material se dispersó por todo el mundo y se descubrió que los depósitos de carbón resultantes en las rocas del Pérmico eran muy similares a las cenizas volantes de carbón modernas [15]. La extinción del Pérmico se caracterizó por los altos niveles de dióxido de carbono, metano y un rápido calentamiento global hasta niveles letales para la mayoría de los organismos vivos [16]. El agotamiento de la capa de ozono puede deberse a un período de estrés por radiación ultravioleta mortal como resultado del agotamiento del ozono estratosférico debido a esta efusión de organohalógenos hidrotermales [17]. La extinción del Cretácico-Terciario (K-T), hace 65 millones de años, es conocida por la desaparición de los dinosaurios y el impacto de Chicxulub (asteroide). Sin embargo, recientes pruebas científicas han vinculado esta extinción masiva con el resurgimiento del vulcanismo LIP de la Trampa del Decán [18].

Nos encontramos ya en el primer evento de extinción antropogénica en el que el carbón desempeña un papel integral y crucial, siendo uno de los factores más importantes la destrucción del ozono estratosférico que protege la vida terrestre de la dañina radiación solar ultravioleta.

El carbón es el combustible fósil más abundante de la Tierra. Desde 1970, la producción anual de carbón casi se ha duplicado [19, 20] (Figura 1).

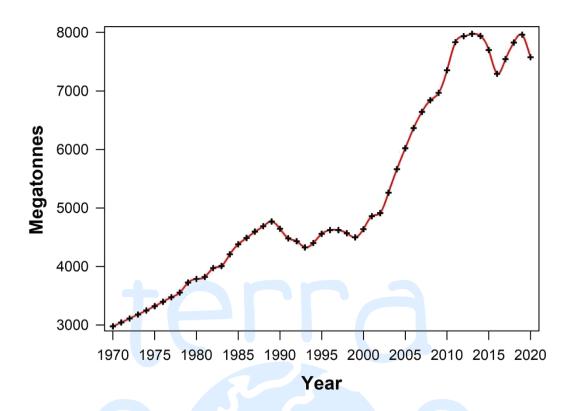


Figura 1. Producción global de carbón por año en millones de toneladas métricas [19, 20].

El uso del carbón está plagado de graves problemas medioambientales, como la formación de lluvia ácida por el dióxido de azufre y los óxidos nitrosos. Pero las cenizas volantes de carbón, cuya producción mundial anual se cifró en 2014 en 130 millones de toneladas métricas [21], causan problemas mucho más devastadores.

Durante la combustión industrial del carbón, las cenizas pesadas se depositan debajo del horno; las cenizas ligeras, las cenizas volantes de carbón, se forman en los gases por encima del horno y salen por las chimeneas, a menos que, como en los países occidentales, sean atrapadas por precipitadores electrostáticos y retenidas. Aun así, es probable que los aerosoles ultrafinos procedentes de la combustión de carbón se escapen de los precipitadores electrostáticos [22] o sean arrastrados por el viento desde las zonas de captación [23]. Pero la consecuencia adversa más devastadora para la vida en este planeta es la dispersión aérea, encubierta y deliberada, en la troposfera superior (Figura 2) [24-27], prácticamente diaria y global, de partículas, evidenciadas como cenizas volantes de carbón.



Figura 2. En [28]. Estelas dispersadas por aviones, de izquierda a derecha San Diego, California (USA); Karnack (Egipto); Londres (Inglaterra); Danby, Vermont (USA); Luxemburgo (Luxemburgo); Jaipur (India).

## 2 Cenizas volantes de carbón en el Vórtice Polar Estratosférico

Las cenizas volantes de carbón nuclean eficazmente el hielo en condiciones relevantes para las nubes de fase mixta. La nucleación de hielo mejorada por las partículas de aerosol de cenizas volantes de carbón se inicia por su estructura porosa [29]. En la literatura científica, las partículas de cenizas volantes de carbón suelen clasificarse o confundirse con las partículas de polvo mineral. La mayoría de los cirros se congelan o nuclean alrededor de dos tipos de núcleos, "polvo mineral" y aerosoles metálicos, presumiblemente con importantes contribuciones de las cenizas volantes de carbón a ambas categorías [30]. Pero como describimos con ejemplos, existe una considerable diversidad de composición química característica de la mineralogía de las cenizas volantes de carbón.

La figura 3 muestra un ejemplo de un núcleo de hielo troposférico capturado, formado por esferas de carbono nanométricas [31], comparado con bolas de carbono similares extraídas de las cenizas volantes de carbón [32, 33].

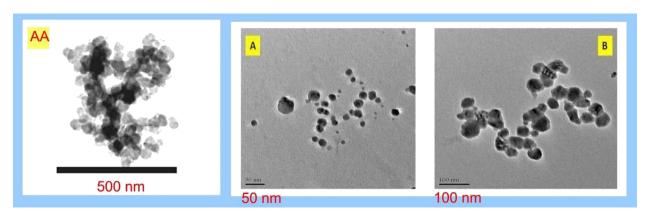


Figura 3. AA: Núcleo de hielo troposférico compuesto por esferas de carbono de tamaño nanométrico, adaptado de [31]; A y B: esferas de carbono similares extraídas de cenizas volantes de carbón, adaptadas de [32, 33].

Las nanopartículas de carbono procedentes de las cenizas volantes de carbón se presentan en una variedad de formas, como se muestra en la Tabla 1, algunas de las cuales se han observado en la estratosfera polar [34], por ejemplo, en la Figura 4.

Cuadro 1. Nanomateriales diversos de carbon extraidos de las cenizas volantes de carbón. De [33].

Tipos de Nanocarbonos	Descripciones adicionales	Referencias
Fullereno (C <sub>60</sub> )	Hueco, esférico	[35] [36] [37] [38]
Nanocarbono y nanorevestimiento	Carbono de hollín o fullereno grafítico análogo a los carbonos, a nanoescala; nanorecubrimiento poroso	[39] [40] [41]
Nanotubos de carbón	De capa simple o múltiple; diámetro de 8- 20 nm; naturaleza amorfa y cristalina	[42][36] [43] [44]
Nanoesferas de carbón	5-10 nm	[45]
Cebollas de carbón	Nanopoliedros, partículas en forma de cebolla	[46]
Alquitranes	Partículas porosas, ricas en carbono	[47] [48]
Hollín	Partículas primarias ultrafinas; agregados de 10- 50 nm de diámetro	

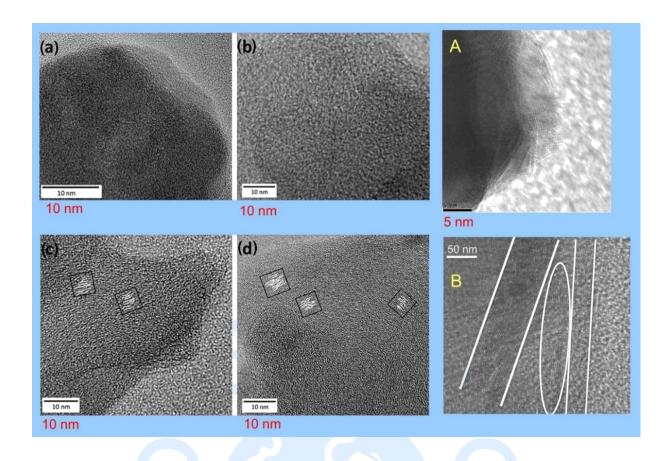


Figura 4. (a), (b), (c), (d): las partículas carbonosas halladas a una altitud de 17,4 km en la estratosfera polar de [34]; (a) y (b) son amorfas, (c) y (d) muestran regiones de ordenación lineal. A de [50] y B de [51] son nanopartículas carbonosas de cenizas volantes de carbón que también muestran estructuras lineales, separadas en B por líneas blancas.

Las nanopartículas, dispersadas en la estratosfera [52-54], muestran una gama de composiciones características de las cenizas volantes de carbón, como se ilustra en las figuras 5 y 6 por las partículas capturadas de las nubes estratosféricas polares dentro del vórtice ártico [55].

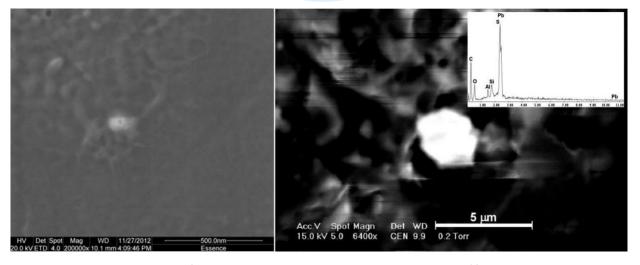


Figura 5. Izquierda: nanopartícula rica en Pb recogida en las nubes estratosféricas polares dentro del vórtice ártico [55]; derecha: nanopartícula similar de PbS procedente de cenizas volantes de carbón [56].

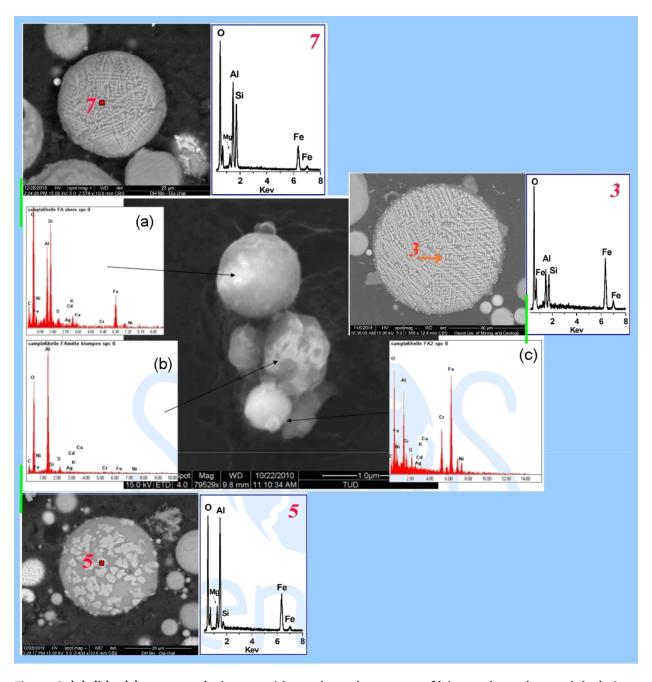


Figura 6: (a), (b) y (c): nanopartículas recogidas en las nubes estratosféricas polares dentro del vórtice del Ártico de [55]; Numerado: partículas más grandes que muestran composiciones similares, aunque no idénticas, de las cenizas volantes de carbón [57].

En el cuadro 2 se muestra una idea del rango de composición de las nanopartículas de cenizas volantes de carbón.

Cuadro 2. Algunos ejemplos de la composición de nanopartículas de cenizas volantes de carbón.

Composición de nanopartículas de cenizas volantes de carbón. En paréntesis los		
números de las imágenes.		
Hematita (1); Jarosita (2); rica en Fe en matriz carbonosa (3); Fe-Si-Al (4)	[58]	
Rico en Ti (2); Ti, rico en Al en matriz de carbón (3); rico en Fe mezclado con carbonoso (4, 5); Fe-Si-Al (6)	[59]	
Rutilo (1); esferas que contienen Zn,Ni, Mg, Al (2); pseudomorfo de jarosita (3); partícula de Fe-Pb-As (4); carbonoso (6), Cuarzo (7)		
Esfera carbonosa Al-Si-Ti-K-Mg-Fe (3); Pb en nanotubos de carbono (6)		
Aluminosilicato vítreo (1); Al-Si carbonoso (2); nanotubos de carbono que encapsulan fullerenos y Hg (3); Carbono encapsulado As-Pb-Se-Br-Si-O (4); Jarosita con As más As-O-Pb amorfo, Carbono con As + Al-Si-Pb (5); Al-Cr-Fe-Mg-Si-Ti amorfo (11)		
Fragmento de roca + espinela + circón (1); esfera de Al-Si-O-Fe-K-Ca (4); partícula de P-Nd-Ce-La-Th (5); Hematita + goethita + magnetita (6)		
Siderita que contiene Cd, Mo, Mn + nano-hemitita (3); Silicato que contiene As, Zr, U y Fe amorfo + nano-pirita que contiene Se (6)		
Partícula de Fe-Cr (3); espinela de óxido de hierro (4)		

### 3 Las cenizas volantes de carbón destruyen el ozono

Cuando el carbón se quema industrialmente, las cenizas volantes de carbón se condensan y se acumulan en los gases calientes por encima del horno. Casi todos los elementos químicos, presentes en cantidades mínimas en el carbón, se concentran en las cenizas volantes de carbón. Muchas partículas de cenizas volantes de carbón, aunque no todas, se presentan como esferas que deben su forma a la tensión superficial de la masa fundida en suspensión. Las partículas de cenizas volantes de carbón tienen un tamaño que va desde unos pocos nm hasta decenas de µm y tienden a ser conjuntos de desequilibrio, habiéndose formado rápidamente en un entorno no natural. En consecuencia, las cenizas volantes de carbón se presentan en una multitud de combinaciones elementales y plantean grandes riesgos para la salud humana y medioambiental [26, 65].

Los elementos primarios en las cenizas volantes de carbón son óxidos de silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe) y calcio (Ca), con cantidades menores de magnesio (Mg), azufre (S), sodio (Na), cloro (Cl) y potasio (K). El carbono (C) está presente en su forma elemental. Entre los numerosos oligoelementos presentes en las cenizas volantes de carbón figuran arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb), manganeso (Mn) mercurio (Hg), níquel (Ni), fósforo (P), selenio (Se), estroncio (Sr), talio (TI), torio (Th), titanio (Ti), uranio (U), vanadio (V) y zinc (Zn). En general, las concentraciones de estos oligoelementos en las cenizas volantes de carbón suelen ser más altas que las que se encuentran en la corteza terrestre, el suelo o incluso el carbón sólido [66]. Al menos 39 elementos pueden extraerse parcialmente de las cenizas volantes de carbón mediante su exposición al agua [67]. Las cenizas volantes de carbón aerosolizadas hacen que el agua atmosférica sea más conductora de la electricidad debido a los numerosos elementos disueltos e ionizados [68].

El ozono se destruye por reacción con los halógenos [69, 70]. La quema de carbón en China dio lugar a un componente atmosférico inesperadamente grande de bromo y cloro reactivos en la atmósfera [71]. Las cenizas volantes de carbón contienen elementos halógenos en los rangos mostrados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rango de contenidos de elementos halógenos en las cenizas volantes de carbón [72].

Cloro μg/g	Bromo μg/g	Fluor μg/g	Yodo μg/g
13 – 25,000	0.3 – 670	0.4 – 624	0.1 – 200

A veces se realizan experimentos para hacer que las cenizas volantes de carbón sean más seguras y susceptibles de ser utilizadas comercialmente, por ejemplo, como componente del cemento. Los experimentos que emplean el ozono proporcionan información importante sobre la capacidad de las cenizas volantes de carbón para destruir el ozono. Por ejemplo, la superficie de las partículas de las cenizas volantes de carbón son oxidadas por el ozono [73], lo que demuestra que las partículas de las cenizas volantes de carbón eliminan el ozono. Investigaciones similares también indican que las cenizas volantes de carbón destruyen el ozono [74, 75].

Las inferencias relativas a la destrucción del ozono por los componentes de las cenizas volantes de carbón pueden hacerse sobre la base de la destrucción del ozono por compuestos similares: el ozono se consume por reacción con el carbono [76, 77]. El ozono también se consume por reacciones con óxidos minerales [78-82]. Además, el ozono se consume por reacciones con óxidos de hierro, y manganeso [83, 84]. Igualmente, el ozono se consume por reacciones con metales [85, 86] y metales nobles [84, 87]. Todas estas sustancias están presentes en las nanopartículas de cenizas volantes de carbón.

# 4 Relación entre las nubes estratosféricas polares y la destrucción del ozono

Hamill et al. [4], en base a tres años consecutivos de estudios, señalan: "[M]ostramos que la evaporación de la nube [estratosférica polar antártica] está altamente correlacionada en el tiempo con la disminución de la concentración de ozono". Existe un reconocimiento general de que las partículas de aerosol pueden servir como núcleos de nubes, sin embargo, el debate no va más allá de la nucleación. Nuestra experiencia con las partículas de cenizas volantes de carbón aerosolizadas, traídas al suelo por las nevadas arroja algo de luz sobre la relación entre las nubes estratosféricas polares y la destrucción del ozono estratosférico.

Desde hace décadas, y con una frecuencia y un alcance geográfico crecientes, se dispersan partículas por medios aéreos hacia la troposfera (Figura 2). A nivel internacional, las autoridades se niegan a proporcionar la composición o la intención de la dispersión de partículas en la troposfera, y afirman falsamente que las estelas dispersadas son inofensivas estelas de hielo [26, 88]. La sustancia desconocida del aerosol pulverizado por aviones tenía aluminio, encontrado repetidamente en todas las muestras de agua de lluvia tomadas. La materia particulada aerosolizada no era claramente un producto natural, como la arena del desierto, porque el aluminio de la superficie de la Tierra está generalmente combinado -químicamente enlazado- con el oxígeno y no se disuelve en el agua de lluvia.

A este respecto, hemos publicado pruebas de que las principales partículas aerosolizadas que se lanzan a la troposfera son cenizas volantes de carbón [25, 89, 90] comparando las proporciones de elementos relativos al bario en el agua de lluvia y la nieve derretida, con las proporciones correspondientes medidas en el lixiviado de los experimentos de lixiviación de las cenizas volantes de carbón [67, 91] (Figura 7).

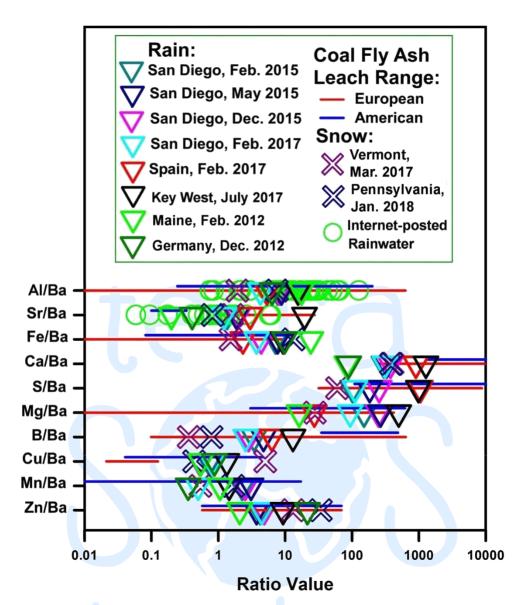


Figura 7. de [92]. Muestra la similitud de los ratios de elementos medidos en el agua de lluvia y la nieve con el rango de ratios de elementos comparables medidos en el lixiviado de laboratorio de los experimentos de lixiviación de agua [67, 91].

Hemos presentado pruebas [24] de que las nevadas troposféricas posteriores a las fumigaciones pueden recoger y hacer descender partículas de aerosol de cenizas volantes de carbón de forma similar a la técnica físico-química denominada coprecipitación [93] (Figura 8). Un fenómeno que hemos observado tiene que ver con el moho de la nieve que a veces se forma debajo de la misma en latitudes septentrionales, por ejemplo en Wisconsin, EE.UU. y Canadá (Figura 9).

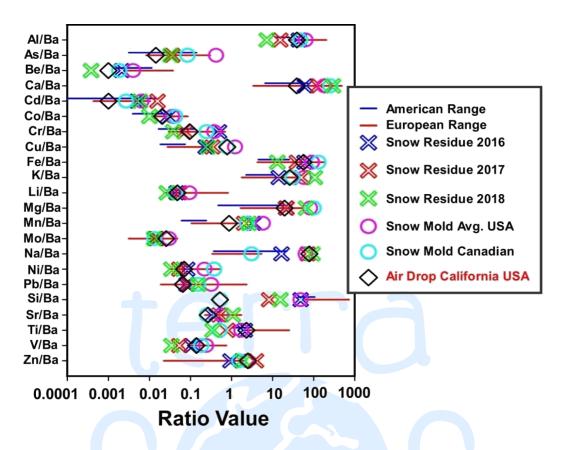


Figura 8. De [94], comparación de los resultados analíticos con los rangos de las muestras de cenizas volantes de carbón europeas [67] y americanas [91].



Figura 9. Fibras de moho de nieve observadas y muestreadas cuando la nieve empezaba a derretirse. De [24].

En primavera, cuando la nieve comienza a derretirse, libera las partículas de cenizas volantes de carbón atrapadas, que descienden y se vuelven a quedar atrapadas en la capa de nieve subyacente. Estas observaciones sugieren un comportamiento común aplicable a las nubes estratosféricas polares y a la destrucción del ozono.

Las partículas de cenizas volantes de carbón, dispersadas en la estratosfera, no sólo sirven como agentes nucleadores de hielo, sino que además son atrapadas por las nubes, incluidas las nubes estratosféricas polares. En primavera, las nubes estratosféricas heladas se derriten/evaporan liberando las partículas de cenizas volantes de carbón atrapadas, y haciendo que esas partículas de cenizas volantes de carbón que consumen ozono estén fácilmente disponibles para reaccionar con el ozono estratosférico ambiental y destruirlo.

#### 5 Conclusiones

Hemos presentado pruebas convincentes que apoyan nuestro argumento de que los principales agentes responsables del agotamiento del ozono estratosférico, son las partículas de cenizas volantes de carbón aerosolizadas y no los gases de clorofluorocarbono. Las partículas de cenizas volantes de carbón aerosolizadas, elevadas a la estratosfera, no sólo sirven como agentes nucleadores de hielo, sino que quedan atrapadas y se concentran en las nubes estratosféricas, incluidas las nubes estratosféricas polares. En primavera, cuando las nubes estratosféricas comienzan a derretirse/evaporarse, dichas partículas de cenizas volantes de carbón consumidoras de ozono se liberan, quedando disponibles para reaccionar con el ozono estratosférico y consumirlo.

Las partículas de cenizas volantes de carbón en aerosol son responsables, no sólo de la destrucción del ozono estratosférico, que protege la vida en la Tierra de la mortífera radiación ultravioleta solar, sino de los daños a la salud humana y medioambiental. Los artículos científicos y médicos publicados relacionan las cenizas volantes de carbón aerosolizadas con enfermedades neurodegenerativas [95], EPOC y enfermedades respiratorias [96, 97], cáncer de pulmón [98], enfermedades cardiovasculares [99], COVID-19 e inmunopatología [100, 101].

Las cenizas volantes de carbón aerosolizadas contribuyen al calentamiento global [102], alteran los hábitats [90], contaminan el medio ambiente con mercurio [24], diezman las poblaciones de insectos [103], murciélagos [104] y aves [94]. Las cenizas volantes de carbón en aerosol también matan los árboles [105, 106], exacerban los incendios forestales [107], propician la aparición de algas nocivas en nuestras aguas [108] y, como se describe aquí, destruyen la capa de ozono estratosférico que protege la vida en la Tierra de la mortífera radiación ultravioleta del sol. A pesar de los discursos oficiales sobre la "recuperación del ozono" gracias al Protocolo de Montreal, los niveles de ozono estratosférico siguen disminuyendo [109]. El agotamiento del ozono ya ha provocado un aumento alarmante de la penetración de las mortales radiaciones ultravioletas B y C en la superficie de la Tierra, con una devastación cada vez más evidente tanto para las plantas como para los animales [110].

A menos que la población mundial exija el fin del asalto tecnológico a nuestro medio ambiente, repleto de difusión de información falsa [111], seguiremos inevitablemente avanzando en la primera extinción antropogénica de especies de la historia.

#### **REFERENCIAS**

- 1. Herndon, J.M., *Paradigm Shifts: A Primer for Students, Teachers, Scientists and the Curious* 2021: Amazon.com.
- 2. Herndon, J.M., *What's wrong with this picture?* Advances in Social Sciences Research Journal, 2022. 9(3): p. 64-69.
- 3. McCormick, M., et al., *Polar stratospheric cloud sightings by SAM II.* Journal of Atmospheric Sciences, 1982. 39(6): p. 1387-1397.
- 4. Hamill, P., O. Toon, and R. Turco, *Characteristics of polar stratospheric clouds during the formation of the Antarctic ozone hole.* Geophysical research letters, 1986. 13(12): p. 1288-1291.
- 5. Farman, J.C., B.G. Gardiner, and J.D. Shanklin, *Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction*. Nature, 1985. 315(6016): p. 207-210.
- 6. Stolarski, R.S., et al., *Nimbus 7 satellite measurements of the springtime Antarctic ozone decrease.* Nature, 1986. 322(6082): p. 808-811.
- 7. Solomon, S., *The mystery of the Antarctic ozone "hole"*. Reviews of Geophysics, 1988. 26(1): p. 131-148.
- 8. Molina, M.J. and F.S. Rowland, *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. Nature, 1974. 249(5460): p. 810-812.
- 9. Crutzen, P.J., *Ozone production rates in an oxygen-hydrogen-nitrogen oxide atmosphere*. Journal of Geophysical Research, 1971. 76(30): p. 7311-7327.
- 10. Protocol, w.M., https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol.
- 11. Tritscher, I., et al., *Polar stratospheric clouds: Satellite observations, processes, and role in ozone depletion.* Reviews of geophysics, 2021. 59(2): p. e2020RG000702.
- 12. Solomon, S., et al., *On the depletion of Antarctic ozone*. Nature, 1986. 321(6072): p. 755-758.
- 13. Wignall, P.B., *Large igneous provinces and mass extinctions.* Earth-Science Reviews, 2001. 53(1): p. 1-33.
- 14. Ogden, D.E. and N.H. Sleep, *Explosive eruption of coal and basalt and the end-Permian mass extinction.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 2012. 109(1): p. 59-62.
- 15. Grasby, S.E., H. Sanei, and B. Beauchamp, *Catastrophic dispersion of coal fly ash into oceans during the latest Permian extinction*. Nature Geoscience, 2011. 4(2): p. 104.
- 16. Brand, U., et al., *Methane Hydrate: Killer cause of Earth's greatest mass extinction.* Palaeoworld, 2016. 25(4): p. 496-507.

- 17. Visscher, H., et al., *Environmental mutagenesis during the end-Permian ecological crisis.* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004. 101(35): p. 12952-12956.
- 18. Schoene, B., et al., *U-Pb geochronology of the Deccan Traps and relation to the end-Cretaceous mass extinction.* Science, 2015. 347(6218): p. 182-184.
- 19. https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-total-coal-production-1971-2020
- 20. Höök, M., et al., *Global coal production outlooks based on a logistic model.* Fuel, 2010. 89(11): p. 3546-3558.
- 21. Dwivedi, A. and M.K. Jain, *Fly ash—waste management and overview: A Review.* Recent Research in Science and Technology, 2014. 6(1).
- 22. Huang, S.-H. and C.-C. Chen, *Ultrafine aerosol penetration through electrostatic precipitators*. Environmental science & technology, 2002. 36(21): p. 4625-4632.
- 23. Baxter, M., *Environmental radioactivity: A perspective on industrial contributions.* IAEA Bulletin, 1993. 35(2): p. 33-38.
- 24. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Contamination of the biosphere with mercury: Another potential consequence of on-going climate manipulation using aerosolized coal fly ash* J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2017. 13(1): p. 1-11.
- 25. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Nature as a Weapon of Global War: The Deliberate Destruction of Life on Earth*2021, Worldwide: Amazon Kindle Direct Publishing https://www.amazon.com/dp/B09KN2LFXL/ref=tmm\_pap\_swatch\_0?\_encoding=UTF8&qid=163 6027677&sr=8-1.
- 26. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Chemtrails are not Contrails: The Face of Evil* 2022: Amazon Kindle Direct Publishing https://www.amazon.com/dp/B09X49TGWB?ref\_=pe\_3052080\_397514860
- 27. Herndon, J.M., M. Whiteside, and I. Baldwin, *The ENMOD treaty and the sanctioned assault on agriculture and human and environmental health*. Agrotechnology, 2020. 9(191): p. 1-9.
- 28. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Aerosol particulates, SARS-CoV-2, and the broader potential for global devastation.* Open Access Journal of Internal Medicine, 2020. 3(1): p. 14-21.
- 29. Umo, N.S., et al., *Enhanced ice nucleation activity of coal fly ash aerosol particles initiated by ice-filled pores.* Atmospheric chemistry and physics, 2019. 19(13): p. 8783-8800.
- 30. Cziczo, D.J., et al., *Clarifying the dominant sources and mechanisms of cirrus cloud formation.* Science, 2013. 340(6138): p. 1320-1324.
- 31. Richardson, M.S., et al., *Measurements of heterogeneous ice nuclei in the western United States in springtime and their relation to aerosol characteristics*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2007. 112(D2).

- 32. Das, T., B.K. Saikia, and B.P. Baruah, Formation of carbon nano-balls and carbon nano-tubes from northeast Indian Tertiary coal: value added products from low grade coal. Gondwana Research, 2016. 31: p. 295-304.
- 33. Alam, J., et al., Recent advances in methods for the recovery of carbon nanominerals and polyaromatic hydrocarbons from coal fly ash and their emerging applications. Crystals, 2021. 11(2): p. 88.
- 34. Schütze, K., et al., Submicrometer refractory carbonaceous particles in the polar stratosphere. 2017.
- 35. Francis, A.H., Electronic Structure Calculations on Fullerenes and Their Derivatives By Jerzy Cioslowski (Florida State University). Oxford University Press: New York. 1995. ix + 281 pp. \$65.00. ISBN 0-19-508806-9. Journal of the American Chemical Society, 1996. 118(39): p. 9458-9458.
- 36. Dosodia, A., et al., *Development of Catalyst Free Carbon Nanotubes from Coal and Waste Plastics*. Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, 2009. 17(5): p. 567-582.
- 37. Tiwari, A.J., M. Ashraf-Khorassani, and L.C. Marr, *C60 fullerenes from combustion of common fuels.* Science of The Total Environment, 2016. 547: p. 254-260.
- 38. Saikia, J., et al., *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) around tea processing industries using high-sulfur coals.* Environmental Geochemistry and Health, 2017. 39(5): p. 1101-1116.
- 39. Hower, J.C., et al., Association of the Sites of Heavy Metals with Nanoscale Carbon in a Kentucky Electrostatic Precipitator Fly Ash. Environmental Science & Technology, 2008. 42(22): p. 8471-8477.
- 40. Paul, K.T., et al., *Preparation and Characterization of Nano structured Materials from Fly Ash: A Waste from Thermal Power Stations, by High Energy Ball Milling.* Nanoscale Research Letters, 2007. 2(8): p. 397.
- 41. Graham, U., et al. *Ultra-Fine PM Derived from Fullerene-Like Carbon in Electrostatic Precipitator Fly Ash.* in *Proceedings of 2008 AIChE Annual Meeting, Philadelphia (USA)*. 2008.
- 42. Salah, N., et al., Formation of Carbon Nanotubes from Carbon-Rich Fly Ash: Growth Parameters and Mechanism. Materials and Manufacturing Processes, 2016. 31(2): p. 146-156.
- 43. Monthioux, M. and V.L. Kuznetsov, *Who should be given the credit for the discovery of carbon nanotubes?* Carbon, 2006. 44(9): p. 1621-1623.
- 44. Kronbauer, M.A., et al., *Geochemistry of ultra-fine and nano-compounds in coal gasification ashes: A synoptic view.* Science of The Total Environment, 2013. 456-457: p. 95-103.
- 45. Chen, Y., et al., *Transmission electron microscopy investigation of ultrafine coal fly ash particles*. Environ. Science and Technology, 2005. 39(4): p. 1144-1151.

- 46. Murr, L.E. and K.F. Soto, *A TEM study of soot, carbon nanotubes, and related fullerene nanopolyhedra in common fuel-gas combustion sources.* Materials Characterization, 2005. 55(1): p. 50-65.
- 47. Moon, M.-W., et al., *Nanostructured Carbon Materials*. Journal of Nanomaterials, 2015. 2015: p. 916834.
- 48. Everson, R.C., et al., Reaction kinetics of pulverized coal-chars derived from inertinite-rich coal discards: Gasification with carbon dioxide and steam. Fuel, 2006. 85(7): p. 1076-1082.
- 49. Chen, Z., et al., Energy Storage: Confined Assembly of Hollow Carbon Spheres in Carbonaceous Nanotube: A Spheres-in-Tube Carbon Nanostructure with Hierarchical Porosity for High-Performance Supercapacitor (Small 19/2018). Small, 2018. 14(19): p. 1870089.
- 50. Oliveira, M.L., et al., *Nano-mineralogical investigation of coal and fly ashes from coal-based captive power plant (India): an introduction of occupational health hazards.* Science of the Total Environment, 2014. 468: p. 1128-1137.
- 51. Silva, L.F., et al., *Nanometric particles of high economic value in coal fire region: opportunities for social improvement.* Journal of cleaner production, 2020. 256: p. 120480.
- 52. de Reus, M., et al., *Particle production in the lowermost stratosphere by convective lifting of the tropopause.* Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 1999. 104(D19): p. 23935-23940.
- 53. Baars, H., et al., *The unprecedented 2017–2018 stratospheric smoke event: decay phase and aerosol properties observed with the EARLINET.* Atmospheric chemistry and physics, 2019. 19(23): p. 15183-15198.
- 54. Nielsen, J.K., et al., *Solid particles in the tropical lowest stratosphere*. Atmospheric Chemistry and Physics, 2007. 7(3): p. 685-695.
- 55. Ebert, M., et al., Chemical analysis of refractory stratospheric aerosol particles collected within the arctic vortex and inside polar stratospheric clouds. Atmospheric Chemistry and Physics, 2016. 16(13): p. 8405-8421.
- 56. Smołka-Danielowska, D., *Heavy metals in fly ash from a coal-fired power station in Poland.* Polish Journal of Environmental Studies, 2006. 15(6).
- 57. Vu, D.-H., et al., Composition and morphology characteristics of magnetic fractions of coal fly ash wastes processed in high-temperature exposure in thermal power plants. Applied Sciences, 2019. 9(9): p. 1964.
- 58. Silva, L., T. Moreno, and X. Querol, *An introductory TEM study of Fe-nanominerals within coal fly ash.* Science of the Total Environment, 2009. 407(17): p. 4972-4974.
- 59. Chen, Y., et al., *Characterization of ultrafine coal fly ash particles by energy filtered TEM.* Journal of Microscopy, 2005. 217(3): p. 225-234.

- 60. Martinello, K., et al., *Direct identification of hazardous elements in ultra-fine and nanominerals from coal fly ash produced during diesel co-firing.* Science of the Total Environment, 2014. 470: p. 444-452.
- 61. Ribeiro, J., et al., Extensive FE-SEM/EDS, HR-TEM/EDS and ToF-SIMS studies of micron-to nano-particles in anthracite fly ash. Science of the total environment, 2013. 452: p. 98-107.
- 62. Silva, L.F., et al., *Fullerenes and metallofullerenes in coal-fired stoker fly ash.* Coal Combustion and Gasification Products, 2010. 2: p. 66-79.
- 63. Dias, C.L., et al., *Nanominerals and ultrafine particles from coal fires from Santa Catarina, South Brazil.* International Journal of Coal Geology, 2014. 122: p. 50-60.
- 64. Linak, W.P., et al., *Ultrafine ash aerosols from coal combustion: Characterization and health effects.* Proceedings of the Combustion Institute, 2007. 31(2): p. 1929-1937.
- 65. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Intentional destruction of life on Earth.* Advances in Social Sciences Research Journal, 2021. 8(7): p. 295-309.
- 66. Fisher, G.L., *Biomedically relevant chemical and physical properties of coal combustion products.* Environ. Health Persp., 1983. 47: p. 189-199.
- 67. Moreno, N., et al., *Physico-chemical characteristics of European pulverized coal combustion fly ashes.* Fuel, 2005. 84: p. 1351-1363.
- 68. Herndon, J.M., M. Whiteside, and I. Baldwin, *Fifty Years after "How to Wreck the Environment":*Anthropogenic Extinction of Life on Earth. J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2018. 16(3): p. 1-15.
- 69. Simpson, W.R., et al., *Halogens and their role in polar boundary-layer ozone depletion*. Atmospheric Chemistry and Physics, 2007. 7(16): p. 4375-4418.
- 70. Read, K.A., et al., *Extensive halogen-mediated ozone destruction over the tropical Atlantic Ocean.* Nature, 2008. 453(7199): p. 1232-1235.
- 71. Peng, X., et al., An unexpected large continental source of reactive bromine and chlorine with significant impact on wintertime air quality. National science review, 2021. 8(7): p. nwaa304.
- 72. NRC, Trace-element Geochemistry of Coal Resource Development Related to Environmental Quality and Health1980: National Academy Press.
- 73. Pedersen, K.H., et al., *Post-treatment of fly ash by ozone in a fixed bed reactor.* Energy & fuels, 2009. 23(1): p. 280-285.
- 74. Chen, X., et al. *FLY ASH BENEFICATION WITH OZONE: MECHANISM OF ADSORPTION SUPRESSION*. in *ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY*. 2002. AMER CHEMICAL SOC 1155 16TH ST, NW, WASHINGTON, DC 20036 USA.
- 75. Alebic-Juretic, A., T. Cvitas, and L. Klasinc, *Ozone destruction on solid particles*. Environmental monitoring and assessment, 1997. 44(1): p. 241-247.

- 76. Atale, S., et al., Ozone reactions with various carbon materials. Jap Pat CA, 1995. 123: p. 121871.
- 77. Zhang, H., J.Y. Lee, and H. Liu, *Ozone Decomposition on Defective Graphene: Insights from Modeling.* The Journal of Physical Chemistry C, 2021. 125(20): p. 10948-10954.
- 78. Michel, A., C. Usher, and V. Grassian, *Reactive uptake of ozone on mineral oxides and mineral dusts.* Atmospheric Environment, 2003. 37(23): p. 3201-3211.
- 79. Coates Fuentes, Z.L., T.M. Kucinski, and R.Z. Hinrichs, *Ozone decomposition on kaolinite as a function of monoterpene exposure and relative humidity.* ACS Earth and Space Chemistry, 2018. 2(1): p. 21-30.
- 80. Lasne, J., M.N. Romanias, and F. Thevenet, *Ozone uptake by clay dusts under environmental conditions*. ACS Earth and Space Chemistry, 2018. 2(9): p. 904-914.
- 81. Hanisch, F. and J. Crowley, *Ozone decomposition on Saharan dust: an experimental investigation*. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2002. 2(6): p. 1809-1845.
- 82. Yan, L., J. Bing, and H. Wu, *The behavior of ozone on different iron oxides surface sites in water.* Scientific reports, 2019. 9(1): p. 1-10.
- 83. Xu, Z., et al., A novel γ-like MnO2 catalyst for ozone decomposition in high humidity conditions. Journal of Hazardous Materials, 2021. 420: p. 126641.
- 84. Heisig, C., W. Zhang, and S.T. Oyama, *Decomposition of ozone using carbon-supported metal oxide catalysts.* Applied catalysis B: environmental, 1997. 14(1-2): p. 117-129.
- 85. Kashtanov, L., N. Ivanova, and B. Rizhov, *Catalytic activity of metals in ozone decomposition.*J. Applied Chemistry, 1936. 9: p. 2176-2182.
- 86. Reckhow, D.A., et al., *Oxidation Of Iron And Manganese By Ozone*. Ozone: Science & Engineering, 1991. 13(6): p. 675-695.
- 87. Emelyanova, G., V. Lebedev, and N. Kobozev, *Catalytic activity of noble metals in ozone destruction.* J Phys Chem, 1964. 38: p. 170-180.
- 88. Herndon, J.M., R.D. Hoisington, and M. Whiteside, *Chemtrails are not contrails: Radiometric evidence.* J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2020. 24(2): p. 22-29.
- 89. Herndon, J.M., Evidence of coal-fly-ash toxic chemical geoengineering in the troposphere: Consequences for public health Int. J. Environ. Res. Public Health 2015. 12(8).
- 90. Herndon, J.M. and M. Whiteside, Further evidence of coal fly ash utilization in tropospheric geoengineering: Implications on human and environmental health. J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2017. 9(1): p. 1-8.
- 91. Suloway, J.J., et al., *Chemical and toxicological properties of coal fly ash*, in *Environmental Geology Notes 105*1983, Illinois Department of Energy and Natural Resources: Illinois.

- 92. Herndon, J.M., D.D. Williams, and M. Whiteside, *Previously unrecognized primary factors in the demise of endangered torrey pines: A microcosm of global forest die-offs.* J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2018. 16(4): p. 1-14.
- 93. Herndon, J.M. and M. Whiteside, Further evidence of coal fly ash utilization in tropospheric geoengineering: Implications on human and environmental health. J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2017. 9(1): p. 1-8.
- 94. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Aerosolized coal fly ash: A previously unrecognized primary factor in the catastrophic global demise of bird populations and species.* Asian J. Biol., 2018. 6(4): p. 1-13.
- 95. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Aerosolized coal fly ash: Risk factor for neurodegenerative disease.* Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 2018. 25(10): p. 1-11.
- 96. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Aerosolized coal fly ash: Risk factor for COPD and respiratory disease.* Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 2018. 26(7): p. 1-13.
- 97. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Geoengineering: The deadly new global "Miasma"*. Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 2019. 29(12): p. 1-8.
- 98. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Coal fly ash aerosol: Risk factor for lung cancer.* Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 2018. 25(4): p. 1-10.
- 99. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Geoengineering, coal fly ash and the new heart-Iron connection: Universal exposure to iron oxide nanoparticulates.* Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 2019. 31(1): p. 1-20.
- 100. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *COVID-19, immunopathology, particulate pollution, and iron balance.* Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 2020. 32(18): p. 43-60.
- 101. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Aerosol particulates, SARS-Co-2, and the broader potential for global devastation.* Open Access Journal of Internal Medicine, 2022. 3(1): p. 14-21.
- 102. Herndon, J.M. and M. Whiteside, Further evidence that particulate pollution is the principal cause of global warming: Humanitarian considerations. Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 2019. 21(1): p. 1-11.
- 103. Whiteside, M. and J.M. Herndon, *Previously unacknowledged potential factors in catastrophic bee and insect die-off arising from coal fly ash geoengineering* Asian J. Biol., 2018. 6(4): p. 1-13.
- 104. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Unacknowledged potential factors in catastrophic bat die-off arising from coal fly ash geoengineering.* Asian Journal of Biology, 2019. 8(4): p. 1-13.
- 105. Herndon, J.M., D.D. Williams, and M. Whiteside, *Previously unrecognized primary factors in the demise of endangered torrey pines: A microcosm of global forest die-offs.* J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2018. 16(4): p. 1-14.

- 106. Herndon, J.M., D.D. Williams, and M.W. Whiteside, *Ancient Giant Sequoias are dying: Scientists refuse to acknowledge the cause.* Advances in Social Sciences Research Journal, 2021. 8(9): p. 57-70.
- 107. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *California wildfires: Role of undisclosed atmospheric manipulation and geoengineering.* J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2018. 17(3): p. 1-18. M. and J.M. Herndon, *Role of aerosolized coal fly ash in the global plankton imbalance: Case of Florida's toxic algae crisi.* Asian Journal of Biology, 2019. 8(2): p. 1-24.
- 108. Ball, W.T., et al., Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery. Atmospheric Chemistry and Physics, 2018. 18(2): p. 1379-1394.
- 109. Herndon, J.M., R.D. Hoisington, and M. Whiteside, *Deadly ultraviolet UV-C and UV-B penetration to Earth's surface: Human and environmental health implications.* J. Geog. Environ. Earth Sci. Intn., 2018. 14(2): p. 1-11.
- 110. Herndon, J.M. and M. Whiteside, *Technology Bill of Rights needed to protect human and environmental health and the U. S. Constitutional Republic* Advances in Social Sciences Research Journal, 2020. 7(6).

