



Asian Journal of Biology

6(4): 1-13, 2018; Article no.AJOB.43268
ISSN: 2456-7124

Factores Potenciales no reconocidos en la catastrófica mortandad de insectos y abejas como consecuencia de las cenizas volantes de carbón utilizadas en la geoingeniería

Mark Whiteside¹ y J. Marvin Herndon^{2*}

¹Florida Department of Health in Monroe County, 1100 Simonton Street Key West, FL 33040, USA.

²Transdyne Corporation, 11044 Red Rock Drive San Diego, CA 92131, USA.

Contribución de los autores

Este documento se ha elaborado de forma conjunta por sus autores como parte de una colaboración orientada a aportar evidencias científicas y médicas, relacionadas con la dispersión atmosférica de aerosoles de cenizas volantes de carbón y su uso en actividades de geoingeniería casi cotidianas y casi globales así como sobre su impacto en la salud pública. El autor MW es responsable de las consideraciones médicas y de salud pública, y JMH lo es de las consideraciones mineralógicas y geofísicas. Ambos autores han leído y aprobado el manuscrito final.

Información de Artículo

DOI: 10.9734/AJOB/2018/43268

Editor(es)

(1) Paola Angelini, Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, Perugia, Italy. (2) P. Dhasarathan, Department of Biotechnology, Prathyusha Engineering College, Anna University, India. Revisores:

(1) Manoel Fernando, Federal University of Grande Dourados, Brazil.

(2) Yahya Ahmed Shaban Al Naggar, Tanta University, Egypt.

(3) Sainudeen Pattazhy, S.N.College, University of Kerala, India.

(4) S. Basavarajappa, University of Mysore, India.

Complete Peer review History: <http://www.sciencedomain.org/review-history/25994>

Artículo original de investigación

Recibido el 13 de junio de 2018

Aceptado el 19 de agosto de 2018

Publicado el 25 de agosto de 2018

RESUMEN

Objeto: Investigamos factores potencialmente importantes, no reconocidos antes, que pueden contribuir a la catastrófica mortandad mundial de abejas e insectos como consecuencia del uso de cenizas volantes de carbón en aerosol para operaciones encubiertas de manipulación del clima. También presentamos evidencias forenses de que las cenizas volantes de carbón en aerosol son la materia prima utilizada en las operaciones de geoingeniería

Métodos: Hemos llevado a cabo una investigación documental extensiva y adicionalmente hemos utilizado la espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo.

Resultados: Los principales componentes de las cenizas volantes de carbón son sílice, aluminio y hierro, principalmente en forma de magnetita (Fe_3O_4), todos ellos con potenciales efectos tóxicos para los insectos. Muchos de los elementos de traza en las cenizas volantes de carbón son perjudiciales para los insectos; varias de ellas (arsénico, mercurio, y cadmio) se usan como insecticidas.

* E-mail: mherndon@san.rr.com;

Las partículas tóxicas y los metales pesados en las cenizas volantes de carbón contaminan el aire, el agua y el suelo y, por lo tanto, afectan a toda la biosfera. Se ha demostrado que los componentes de estas cenizas, incluido el aluminio químicamente móvil, afectan negativamente a los insectos en entornos terrestres, acuáticos y aéreos. Tanto los elementos primarios como los elementos de traza en las cenizas volantes de carbón se han encontrado en insectos y en las plantas de las que se alimentan en las regiones contaminadas de todo el mundo. La magnetita de las cenizas volantes de carbón puede alterar potencialmente la magnetorrecepción de los insectos. El cloro y otros componentes de las cenizas volantes de carbón destruyen potencialmente el ozono atmosférico, exponiendo así a los insectos a elevados niveles de mutagenicidad y letalidad de la radiación solar UV-B y UV-C.

Conclusiones: Es preciso exponer y detener la geoingeniería de aerosoles atmosféricos para evitar una mayor contaminación de la biosfera. A medida que las poblaciones de insectos disminuyen, también disminuirán las poblaciones de aves y, en última instancia, también lo harán las poblaciones de animales, incluidos los seres humanos. El regreso gradual de los insectos, cuando se detenga la fumigación aérea, será la mejor prueba de que las cenizas volantes en aerosol, son, de hecho, una de las principales causas de su drástica disminución y diversidad.

Palabras clave: mortandad de insectos; biodiversidad; geoingeniería; cenizas volantes de carbón; aluminio toxicidad; colapso de colonias; magnetita.

1. INTRODUCCIÓN

Existe conciencia y preocupación pública [1] sobre la disminución de la población de *Apis mellifera*, el principal polinizador agrícola del mundo [2]. Las poblaciones de abejorros (*Bombus* sp.), polinizadores secundarios pero importantes, también están disminuyendo en Norteamérica y Europa [3-5]. Evans y otros [6] investigaron 61 variables cuantificadas, los niveles de plaguicidas y las cargas de patógenos en *Apis mellifera*, y las notificaron: "ninguna medida señaló la causa más probable del colapso de la colonia". Como señala Watanabe [7] no hay una "pistola humeante".

Un estudio reciente documentó la alarmante disminución, 75% de las poblaciones de insectos (biomasa) en las áreas protegidas de Alemania en las últimas tres décadas [8]. Esta dramática pérdida de cantidad y diversidad de insectos tiene profundas ramificaciones para la red alimentaria mundial y los ecosistemas. En ese estudio, ni el cambio climático ni el uso del suelo podían vincularse a esta aterradora disminución de los insectos, aunque las prácticas agrícolas y el uso de plaguicidas no pueden excluirse como factores contribuyentes. Al igual que el declive de la abeja occidental de la miel, no hay una causa fácilmente identificable, no hay una "pistola humeante".

Igualmente se han registrado grandes disminuciones de la biodiversidad en otras especies. Por ejemplo, Brooks et al. [9] en el Reino Unido informaron que en un período de 15 años las tres cuartas partes de las especies de escarabajos carabínicos investigadas habían disminuido sustancialmente. Se reportaron disminuciones similares para los macromoteros comunes británicos [10] y las mariposas [11]. En los últimos 40 años, ha habido una disminución del 45%

en los invertebrados, una disminución que incluye todas las grandes órdenes de insectos [12], cuya causa parece no ser fácilmente identificable.

Estas investigaciones implican claramente una causa a gran escala de la mortandad de insectos, y apuntan a una necesidad urgente de descubrir la(s) causa(s) real(es) subyacente(s) de esta mortandad de insectos. Sin embargo, se presume que las cenizas volantes de carbón, un subproducto global y tóxico de la combustión del carbón, representan potencialmente un importante contribuyente a esa mortandad global.

Cuando las compañías eléctricas queman carbón en las centrales térmicas, las cenizas pesadas se depositan debajo del quemador, mientras que las cenizas ligeras, las cenizas volantes de carbón que se forman en los gases de combustión, saldrían por las chimeneas si no se capturasen y se almacenasen como lo exige la ley. Las cenizas volantes de carbón son uno de los residuos industriales más grandes del mundo. Su eliminación es problemática; a menudo se vierten simplemente en embalses superficiales o se depositan en vertederos que generan preocupación por la contaminación de las aguas subterráneas y la contaminación del medio ambiente [13,14]. Sin embargo, en muchos países, incluidos los Estados Unidos, se recicla un porcentaje significativo de cenizas volantes de carbón en rellenos estructurales y en productos como el hormigón [15]. Las cenizas volantes de carbón también se utilizan en aditivos del suelo y en fertilizantes [16].

Existen informes que muestran que las cenizas volantes de carbón se utilizan en operaciones encubiertas de manipulación climática (Fig. 1) [17,18]. Sus partículas oscilan entre <0,1 μ m y 50 μ m de ancho y, por lo tanto, requieren poco procesamiento adicional para su uso como aerosol para alterar el clima. Dispersadas en la atmósfera, estas partículas reflejan algo de luz solar, pero también absorben energía que se transfiere a la atmósfera a través de colisiones moleculares.



Fig. 1. Estelas de manipulación del clima/tiempo, (Fotógrafos con permiso) en el sentido de las agujas del reloj superior izquierda: Karnak, Egipto (autor JMH); Londres, Inglaterra (Ian Baldwin); Ginebra, Suiza (Beatrice Wright); Chattanooga, TN, USA (David Tulis); San Diego, CA, USA (autor JMH); Jaipur, India (autor JMH)

Las partículas dispersadas también bloquean el calor de la superficie de la Tierra, e inhiben las precipitaciones al evitar que las gotas de agua se fusionen y caigan como lluvia; el efecto es el de causar sequía, pero eventualmente, la atmósfera se carga tanto de humedad que el agua cae en forma de diluvio. Esta dispersión aérea encubierta agrava el calentamiento global y altera totalmente los patrones climáticos naturales [19].

En la presente investigación, nos proponemos describir y proporcionar pruebas de que las cenizas volantes de carbón en aerosol contienen elementos tóxicos que contaminan el medio ambiente y que pueden contribuir en gran medida a la mortandad de insectos. Estas incluyen, específicamente, las consecuencias de la extracción de toxinas en las cenizas volantes de carbón por el agua de lluvia, y los efectos de esas partículas y componentes en los insectos.

Además, se debaten las consecuencias dañinas del aumento de la radiación solar UV-B y UV-C como consecuencia de la reducción del ozono atmosférico por las cenizas volantes de carbón en aerosol.

2. MÉTODOS

Frente a la evidente dispersión aérea de partículas, es evidente el esfuerzo por engañar al público y a la comunidad científica sobre su existencia y sus consecuencias adversas para la salud humana y el medio ambiente [20]. Por las siguientes razones, las cenizas volantes de carbón se utilizan en operaciones de geoingeniería a escala mundial: (1) es un producto de desecho industrial importante; (2) tienen la granulometría necesaria sin mucho procesamiento adicional; y, (3) sus instalaciones son accesibles, con capacidad para almacenarlas in situ, fuera de la vista, y utilizan el transporte ferroviario.

Los métodos para demostrar que las partículas en aerosol son consistentes con las cenizas volantes de carbón son dobles: (1) mostrando que las cantidades relativas de elementos disueltos en el agua de lluvia son similares a las cantidades relativas de elementos de cenizas volantes de carbón extraídos en el agua durante estudios de lixiviación en laboratorio [21]; y, (2) mostrando que las cantidades relativas de elementos traídos por la nieve, de manera análoga a la técnica de coprecipitación [17], son similares a las cantidades relativas de elementos encontrados en las cenizas volantes de carbón [21]. Las mediciones, previamente publicadas y recientemente presentadas, se han realizado por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo.

3. RESULTADOS Y ARGUMENTACIÓN

Desde por lo menos el comienzo del siglo XXI e incluso antes, numerosos ciudadanos de todo el mundo han presenciado las fumigaciones aéreas del cielo [22]. Sin información fiable sobre la composición química y los posibles riesgos para la salud de la sustancia en aerosol que se está dispersando, mandaron analizar muestras de agua de lluvia en laboratorios comerciales. Habitualmente, sólo se solicitaban análisis de aluminio; a veces también de bario y, ocasionalmente, de estroncio. Cuando la fumigación aérea se convirtió en una actividad casi diaria en San Diego (EE.UU.), uno de nosotros (JMH) comenzó una serie de investigaciones para determinar la composición de las partículas aerosolizadas. Los protocolos estándar para los análisis de agua de laboratorio certificados, requieren su filtración para eliminar las partículas antes de las mediciones; por lo tanto, es evidente que el agua de lluvia había lixiviado esos tres elementos de algunas partículas fácilmente lixiviables antes de que cayera al suelo.

Al expresar los datos en ratios de algún elemento común, como el bario, eliminamos las consecuencias de diferentes cantidades de dilución. La comparación de estos resultados analíticos, expresados en ratios relativos al bario, con los correspondientes análisis experimentales de lixiviación de agua de una sustancia probablemente aerosolizada, las cenizas volantes de carbón, proporcionó la primera evidencia científica de que las cenizas volantes de carbón son la principal sustancia contaminante de partículas utilizada en la geoingeniería troposférica en curso [23].

Para entender el proceso químico involucrado, consideremos por analogía el ejemplo hipotético de hojas de té finamente pulverizadas en la troposfera. La humedad atmosférica "colaría" el té, extraería los taninos y otros productos químicos, que cayeran en forma de lluvia, con firmas químicas de té; la lluvia sería té, aunque muy débil. A diferencia de las cenizas naturales, las cenizas volantes de carbón se forman principalmente por condensación en los gases de combustión calientes en la chimenea de las centrales térmicas, y constituyen un ensamblaje desequilibrado de materia típicamente anhidra [24]. El agua extrae rápidamente numerosos elementos tóxicos de las cenizas volantes de carbón [21]. Cuando éstas se dispersan en la troposfera, el agua atmosférica extrae numerosos elementos tóxicos por lixiviación, que nos llegan disueltos en el agua de lluvia, proporcionándonos una firma química de esas cenizas. Cuantos más elementos se midan en el agua de lluvia, más precisa y única será la firma. Esta es una firma significativa ya que las arenas y suelos comunes dispersados por el viento no son lixiviados fácil y rápidamente por el agua de lluvia.

La Fig. 2. muestra una comparación de los análisis de aguas pluviales con los rangos de los datos de lixiviación de cenizas volantes de carbón en laboratorio. A excepción de los datos de Bangor, Maine (EE.UU.), el resto de los datos han sido publicados y citados con permiso [18]. La dilución es un factor variable que puede ser compensado en comparaciones analíticas mediante el uso de ratios. Sin embargo, en muchos casos, la dilución hace que los elementos menos abundantes estén por debajo de los límites de detección de los laboratorios analíticos comerciales. Los datos de Bangor, Maine (EE.UU.), que se muestran en la Fig. 2., son particularmente significativos, ya que el factor de dilución fue bajo y se pudieron determinar importantes elementos de traza, como solicitado.

La Fig. 3, reproducida con permiso de [18], muestra los análisis de las partículas en aerosol arrastradas por la nieve, el residuo de la evaporación y el residuo atrapado bajo la capa de nieve una vez derretida, en comparación con el rango analítico de cenizas volantes de carbón. Esta figura y la Fig. 2. muestran la gama de elementos tóxicos que contaminan el medio ambiente, siendo las cenizas volantes de carbón las principales partículas en aerosol utilizadas en la manipulación del clima.

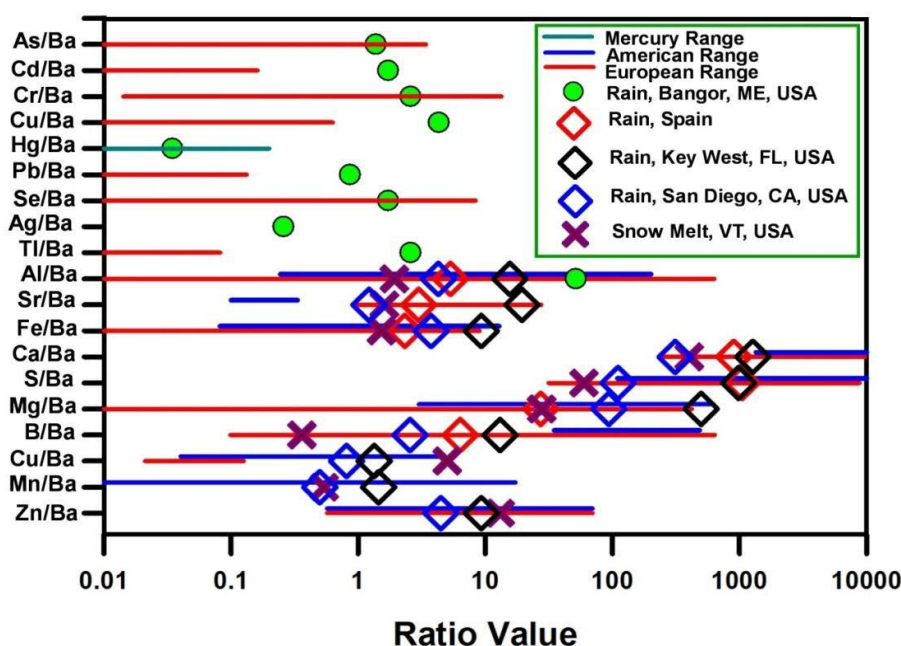


Fig. 2. Ratios de elementos medidos en agua de lluvia y nieve filtrada después de la dispersión [18] con permiso, y con nuevos datos de agua de lluvia desde 2011 en Bangor, ME, EE.UU., cortesía de Russ Tanner.

La composición elemental de las cenizas volantes de carbón es variable, dependiendo de la composición de los carbones madre y de la dinámica del quemador de carbón. En las Figs. 2 y 3, la gama de composiciones elementales de las cenizas volantes de carbón de las muestras europeas se indican con líneas rojas, y las americanas con líneas azules.

Las cenizas volantes en aerosol se mezclan con el aire que respiramos y se asientan en la Tierra, de ahí la necesidad de una dispersión casi diaria. Por consiguiente, estas cenizas utilizadas en la manipulación del clima contaminan gravemente la biosfera con sus partículas y toxinas extraídas en el agua de lluvia [17,18,22].

Los principales elementos en las cenizas volantes de carbón son óxidos de silicio, aluminio, hierro y calcio, con menores cantidades de magnesio, azufre, sodio y potasio. Los componentes principales de las cenizas volantes de carbón son silicatos de aluminio y una fracción (magnética) que contiene magnetita, Fe_3O_4 . Las cenizas volantes de carbón están compuestas principalmente de partículas esféricas, incluidas las esférulas de silicato de aluminio y magnetita [24]. Las configuraciones esféricas se deben a la tensión superficial de la fundición durante la condensación y a la aglomeración en el gas caliente que emana del quemador [18]. Entre los muchos elementos de traza presentes en el carbón se encuentran el

arsénico (As) y el bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), manganeso (Mn), mercurio (Hg), níquel (Ni), fósforo (P), selenio (Se), estroncio (Sr), talio (Tl), titanio (Ti), vanadio (V) y zinc (Zn). Pequeñas cantidades de material orgánico e incluso los radionucleidos uranio (U), torio (Th) y sus productos secundarios radioactivos se encuentran en el CFA[21,25].

Los primeros estudios de los efectos adversos de la contaminación del aire en los insectos se centraron en las emisiones volátiles, incluidos los gases que contienen flúor, azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno y ozono [26]. Actualmente se reconoce que la exposición continuada a las partículas en la contaminación atmosférica es una de las principales causas mundiales de morbilidad y mortalidad [27]. Las cenizas volantes de carbón constituyen una de las principales fuentes de contaminación por partículas antropogénicas en todo el mundo [28]. Las operaciones de geoingeniería con aerosoles troposféricos, cuyo alcance e intensidad han aumentado en los últimos años, representan una forma deliberada de contaminación del aire con partículas de cenizas volantes de carbón que también contaminan el suelo y el agua. Este tipo de contaminación puede afectar a los insectos a través de la respiración, la ingestión y el contacto directo. Las partículas presentes en las cenizas volantes de carbón, incluidos los metales y los metaloides, son difíciles de regular para los organismos, y tóxicas para los artrópodos en diversas concentraciones y por diferentes vías de acción [29].

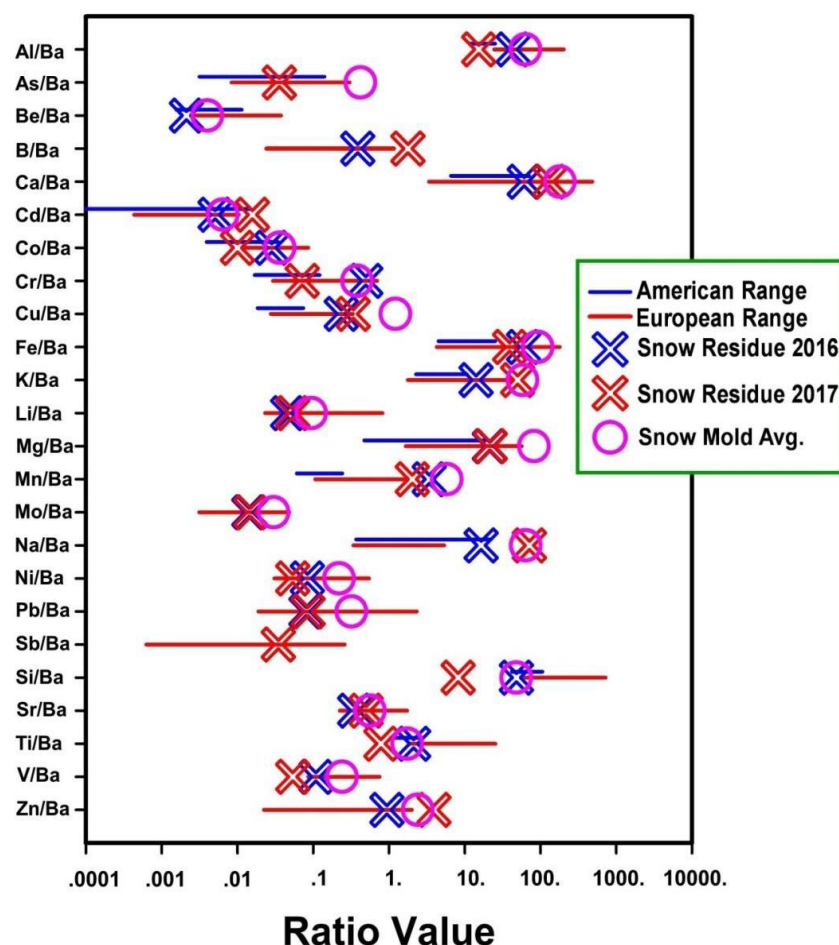


Fig. 3. Ratios de elementos medidos en la nieve tras la fumigación y en los residuos de nieve derretida tras la evaporación, de [18] con permiso.

La contaminación causada por las cenizas volantes de carbón puede afectar a los insectos de abajo hacia arriba (por ejemplo, la calidad del suelo o de las plantas huésped) o de arriba hacia abajo (por ejemplo, el contacto directo o los efectos en los predadores, o los patógenos). Una revisión exhaustiva mostró que los insectos herbívoros generalmente se veían afectados por factores de abajo hacia arriba. Se han realizado menos estudios por factores de arriba hacia abajo, pero se ha demostrado que la contaminación del aire afecta la dinámica de las poblaciones de insectos por los efectos diferenciales sobre los herbívoros y sus predadores naturales [30]. Los contaminantes a menudo se bioacumulan en los insectos predadores. Las partículas de contaminación transportadas por el aire cubren las hojas y las plantas, afectando su química, la fotosíntesis y, por lo tanto, la nutrición de los herbívoros. La contaminación del suelo permite la absorción por las plantas de muchos elementos que a su vez son consumidos por los herbívoros [31]. Las cenizas volantes de carbón añadidas al fertilizante o al suelo pueden conducir a acumulaciones

potencialmente tóxicas de elementos como el arsénico [32].

Los principales elementos de las cenizas volantes de carbón, Si, Al y Fe tienen efectos tóxicos en los insectos. La deposición de Si en el tejido de la planta crea una barrera contra el sondeo, la alimentación y la penetración de insectos en el tejido de la planta [33]. Los componentes que contienen silicio eliminan la capa de cera de los insectos que mantiene la humedad, matándolos así por desecación [34].

La humedad es capaz de extraer el aluminio de las cenizas volantes de carbón en una forma químicamente móvil [21]. El aluminio generalmente no se encuentra en el mundo natural en forma químicamente móvil, por lo que no hay defensa al respecto; el aluminio es un metal no esencial sin función biológica. Se encuentra en insecticidas como el fosfuro de aluminio, un material altamente tóxico utilizado en la conservación del grano. Se ha comprobado que el aluminio es tóxico (causando deformidades) en las larvas de las moscas cadi, con un mayor efecto en condiciones ácidas [35].

Estudios in vitro muestran la toxicidad del aluminio en moscas *Drosophila* [36]. El aluminio ingerido es perjudicial para la alimentación y otros comportamientos de las abejas [37].

Como en otros organismos, los insectos deben equilibrar las propiedades adversas del hierro iónico, las de un nutriente esencial y de una toxina potente. El hierro es necesario como catalizador para el metabolismo oxidativo, pero debe ser regulado estrictamente para evitar reacciones oxidativas destructivas [38]. El hierro iónico es uno de los contaminantes atmosféricos más reactivos. Un efecto biológico común a muchas partículas de la contaminación del aire ambiente es la interrupción de la homeostasis del hierro en células y tejidos [39]. Se sabe que el hierro juega un papel catalítico en la generación de radicales libres de oxígeno in vitro. Las moscas domésticas alimentadas con cloruro ferroso en el agua potable acortaron su vida con evidencias de estrés oxidativo [40]. El hierro se acumula en los insectos causando peroxidación lipídica y provocando una respuesta antioxidante [41].

Actualmente existen pruebas más directas de que los principales componentes de las cenizas volantes de carbón causan daños a los insectos por contaminación. Exley et al. [42] reportaron que las pupas de abeja de las áreas urbanas y rurales estaban muy contaminadas con aluminio. Este contenido de aluminio era superior a los niveles considerados nocivos para los seres humanos y se asociaba con pupas más pequeñas de abejas. Se han detectado altos niveles de aluminio y otros elementos presentes en las cenizas volantes de carbón (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Se, Sr, Ti y V) en abejas melíferas de zonas contaminadas [43,44]. Igualmente se han detectado altos niveles de aluminio, hierro y muchos otros elementos de traza, incluyendo As, Pb y Ba, en el polen de abeja colectado en áreas contaminadas [45-47]. El polen de abeja es una mezcla de polen de flores, de las propias secreciones de la abeja y algo de néctar. Se presupone que las abejas ingieren cantidades significativas de metales y metaloides contaminantes por un mecanismo de "abajo hacia arriba" por ingestión de plantas y fuentes de agua potable contaminadas. En el caso del polen de abeja, este material va a parar a la colmena en las patas de los insectos y es una de sus principales fuentes de nutrición [45].

Además de las abejas, se han evaluado otros insectos como bioindicadores de la contaminación por metales pesados, incluidos elementos de traza en las cenizas volantes de carbón. En Pakistán, se detectaron niveles significativos de Cd, Cu, Cr, Zn y Ni, en una libélula libélula, un saltamontes acre y una mariposa ninfálica. Los niveles más altos de

estos elementos se encontraron cerca de áreas industriales contaminadas, y los valores más bajos (pero todavía presentes) en un lugar alejado de actividad industrial [48]. La acumulación de Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni y Pb fue documentada en saltamontes (Orthoptera, Acrididae) recogidos cerca de una mina de cobre en Bulgaria. El cadmio y el plomo estaban muy concentrados en los saltamontes de los lugares más contaminados [49]. Se encontraron concentraciones de Pb>Cd>Hg en plantas alimenticias y saltamontes recolectados en un pastizal de montaña a 1200 m sobre el nivel del mar en Grecia, lo que sugiere una fuente antropogénica de contaminación transportada en la atmósfera [50].

En tanto que bioindicadores de la contaminación, las abejas melíferas se utilizan como muestreadores de partículas en el aire. Según lo reportado por Negri et al. [51], las abejas melíferas que se alimentan en áreas contaminadas recolectan muchas partículas de contaminación inorgánica, principalmente concentradas en las antenas, el área de la cabeza y las patas traseras. Estas partículas antropogénicas, que van desde los 500 nm hasta los 500 nm. 10 um de diámetro, muestran una morfología subesférica y han sido caracterizados por EDX como partículas ricas en Fe o silicatos de aluminio. El plomo y el bario (ambos en las cenizas volantes de carbón) también se detectaron adheridos al cuerpo de la abeja melífera [51].

Las cenizas volantes de carbón son una rica fuente de contaminación de nanopartículas. Las nanopartículas y las bio-nanopartículas están estudiando y empleando cada vez más para el control de insectos. Se están desarrollando nanopartículas de aluminio, silicio, zinc y titanio (todos componentes de las cenizas volantes de carbón) para la gestión de plagas en los cultivos [52]. Por ejemplo, el polvo de nano-alúmina puede ser diseñado por síntesis modificada dirigido a diferentes especies de insectos [53]. El nano-hierro artificial está siendo desarrollado como pesticida efectivo. Se ha demostrado que las nanopartículas de hierro y óxido de hierro son altamente tóxicas para el *Culex quinquefasciatus*, el Mosquito de la Casa Sur [54].

Recientemente se han encontrado en el cerebro de humanos con demencia, abundantes partículas esféricas de contaminación por magnetita similares a las de las cenizas volantes de carbón, y distintas de las partículas de magnetita biogénica [55]. Muchos insectos (ejemplo abejas, hormigas, termitas) poseen magnetita biogénica y la utilizan para magnetorrecepción [56-58]. Las abejas, por ejemplo, usan magnetorreceptores de magnetita para detectar los campos electromagnéticos terrestres mediante un magnetorreceptor de gránulos de hierro localizado en el abdomen [57]. Es muy probable que las partículas de contaminación por magnetita, altere estas funciones.

Los análisis de magnetita en muestras de polvo atmosférico sirven de parámetro adicional en la valoración de la contaminación ambiental. Muestras de contaminación atmosférica de estas partículas contienen magnetita esférica, consistente con las partículas de magnetita magnética de las cenizas volantes de carbón [59]. Tanto las partículas de biomagnetita como de magnetita exógena son altamente sensibles a campos electromagnéticos externos [60]. Los insectos están continuamente expuestos a campos electromagnéticos de radiofrecuencia a distintas frecuencias. El rango de frecuencias utilizado en las comunicaciones inalámbricas pasará pronto de 6 GHz a 120 GHz (5G). Se acaba de conocer que los insectos absorben radiofrecuencia electromagnética según la frecuencia de 3 GHz a 120 GHz [61]. Existen cada vez más evidencias de que la exposición a la radiación del teléfono móvil induce estrés, pudiendo producir alteraciones conductuales y bioquímicas en las abejas obreras [62].

Las centrales térmicas (de carbón) tienen una larga historia de impactos ambientales adversos debido a sus emisiones de partículas, contaminantes orgánicos e inorgánicos. Las abejas de colmenas fijas en el entorno de las centrales acumulan grandes cantidades de los constituyentes primarios de las cenizas volantes de carbón (Al/Fe) y de elementos traza (por ejemplo, Cr, Ba, Cu, Li y Ni), en comparación con las abejas de colmenas en las áreas rurales [63]. Se ha estudiado la disminución de las poblaciones de abejas melíferas debido a los pesticidas, pero el papel de los contaminantes transmitidos por el suelo en la supervivencia de las abejas melíferas no fue examinado hasta hace poco. Con respecto al contaminante del suelo, el selenio (Se), el polen recogido por las abejas de plantas que crecen en entornos con cenizas volantes de carbón, contenía 14 mg de Se por kg [64]. En una zona urbana pero menos contaminada de Polonia, el polen de abejas melíferas recogido de colmenas fijas contenía 7,03 mg de Se por kg [65]. Posteriormente se demostró que el selenio en cantidades excesivas afecta negativamente al comportamiento y a la supervivencia de las abejas melíferas. Las abejas que se alimentan de néctar que contiene altos niveles de selenio (particularmente selenato) sufren toxicidad directa y una alta mortandad a causa de este contaminante en el suelo [66].

Las cenizas volantes de carbón han sido utilizadas como pesticidas contra muchos tipos de insectos [16]. Muchos de los elementos traza de las cenizas volantes de carbón son bastante tóxicos para los insectos. Antes del desarrollo de los pesticidas orgánicos/sintéticos, se utilizaban como insecticidas productos químicos inorgánicos y elementos como el arsénico, el mercurio, el cadmio y el boro. El arsénico, el cadmio, el mercurio y el plomo no tienen ninguna función útil en los organismos vivos y

pueden ser tóxicos a cualquier dosis [67]. Un modelo de insectos utilizado para evaluar la toxicidad por mercurio encontró que el mercurio induce estrés oxidativo en los insectos de la misma manera que lo hace en los vertebrados [68]. El cloruro de cadmio (CdCl_2), el cloruro de mercurio (HgCl_2) y el cloruro de metilmercurio (MeHgCl) produjeron una marcada toxicidad, incluida la muerte celular en células de *Aedes albopictus* (mosquito) con $\text{MeHgCl} > \text{HgCl}_2 > \text{CdCl}_2$ [69]. Hemos demostrado que las cenizas volantes de carbón en aerosol utilizadas en la manipulación del clima constituyen probablemente una fuente mundial de contaminación por mercurio en la biosfera que no se había revelado anteriormente [18].

La contaminación del agua en lagos, ríos y otras masas de agua por contaminantes químicos es una de las amenazas más importantes para toda la vida silvestre, incluidos los insectos. Los elementos tóxicos de las cenizas volantes de carbón se filtran fácilmente en el agua donde se concentran en las plantas acuáticas y los insectos. El selenio, uno de estos elementos, es un nutriente traza esencial, pero es tóxico en cantidades mayores. El desarrollo y la supervivencia de los insectos herbívoros pueden verse afectados por concentraciones de selenio, incluso bajas o moderadas, en las plantas contaminadas [70]. Se han detectado niveles elevados de cobre, zinc, hierro, manganeso, plomo, cobalto y cadmio en muestras de agua y cuerpos de insectos acuáticos de sitios contaminados [71]. Resultando que estos contaminantes causan tanto estrés oxidativo como genotoxicidad (por ejemplo, roturas o daños cromosómicos) en las infecciones acuáticas. Incluso pequeñas cantidades de metales pesados pueden cambiar las características fisicoquímicas del agua y afectar dramáticamente el metabolismo de los insectos [71].

Otro importante contribuyente a la mortandad de insectos en todo el mundo es el elevado nivel de radiación ultravioleta de onda corta UV-B y UV-C que penetra en la superficie terrestre [72-75]. Postulamos que este aumento de la letal radiación UV-B y UV-C se debe parcialmente a la geoingeniería cuyo uso de cenizas volantes de carbón compuestas por productos químicos como el cloro, agotan la capa de ozono [75]. Los espectros de acción de mutagenicidad y letalidad de la luz solar exhiben dos máximos, ambos en la región UV-B y UV-C [76]. Los insectos son muy sensibles a los cambios en la irradiancia UV-B, y la UV-B solar tiene un gran efecto directo e indirecto (por medio de las plantas) en los artrópodos [77]. Recientemente se ha demostrado que los rayos UV-B influyen y perturban la metamorfosis de los insectos [78]. La radiación UV-C (100-290 nm) es sobradamente conocida por ser letal para los insectos [79].

El cuadro 1 presenta un resumen de los efectos tóxicos de los componentes de las cenizas volantes de carbón.

Cuadro 1. Resumen de los efectos tóxicos de los componentes de las cenizas volantes de carbón

Componentes Primarios de las cenizas volantes de carbón:
Silicio (Si) – Su deposición en plantas crea una barrera para el sondeo, alimentación y penetración de los insectos en el tejido de la planta. Los componentes de silicio remueven o destruyen la capa cerosa de los insectos causando su disecación.
Aluminio (Al) – Las cenizas volantes de carbón son la principal fuente de aluminio químicamente móvil. Aluminio que no tiene función biológica en los insectos y se usa como insecticida (Al-fosfuro). La toxicidad del aluminio incluye deformaciones y cambios adversos en el comportamiento colector de las abejas. Los aluminosilicatos de las partículas de las cenizas volantes de carbón se adhieren a los insectos, incluidas las abejas.
Hierro (Fe) – El hierro iónico es uno de los contaminantes atmosféricos más reactivos. Biológicamente, el hierro en exceso genera estrés oxidativo y peroxidación lipídica. Las partículas de contaminación por magnetita (Fe_3O_4) se adhieren a los insectos y son altamente sensibles a los campos electromagnéticos externos, pudiendo interferir con la magnetorrecepción en los insectos.
Nanopartículas – Las nanopartículas, abundantes en las cenizas volantes de carbón, son perversas para los insectos, dado su origen artificial. Las nanopartículas de Al, Si, and Fe artificiales están diseñadas para el control de los insectos.
Elementos de traza en las cenizas volantes de carbón
El Arsénico (As) , cadmio (Cd), mercurio (Hg), y Boro (B) son utilizados como insecticidas. El arsénico, el cadmio, el mercurio y, el plomo (Pb) no tienen función conocida alguna en los organismos vivos y pueden ser tóxicos a cualquier dosis.
El Selenio (Se) se concentra en las plantas que crecen alrededor de las centrales térmicas de carbón, y se acumula con toxicidad en insectos (ejemplo abejas) que se alimentan de esas plantas. El selenio en exceso muestra ser tóxico para el hombre y muchos organismos en ambientes acuáticos, incluidos insectos.

4. CONCLUSIÓN

Las cenizas volantes de carbón, incluyendo su uso en operaciones de ingeniería climática encubiertas (no reveladas), son un sospechoso principal no reconocido previamente en el declive mundial de los insectos. Las cenizas volantes de carbón son una fuente global de contaminación, conocida por ser tóxica para los insectos, del aire, el agua y el suelo. De hecho, sugerimos que de las muchas amenazas a los insectos, es decir, la pérdida/degradación del hábitat, los plaguicidas, las especies foráneas y las enfermedades, la geoingeniería atmosférica, especialmente la utilización de cenizas volantes de carbón, puede ser no sólo la causa más grave, sino también la causa más descuidada y no reconocida de la pérdida catastrófica de insectos en todo el mundo. Los datos publicados anteriormente y actualizados en este estudio son consistentes con que las cenizas volantes de carbón es el principal aerosol de partículas, no revelado, utilizado en la geoingeniería troposférica. Las cenizas volantes de carbón afectan negativamente a los insectos en ambientes aéreos, terrestres y acuáticos. Las cenizas volantes de carbón están implicadas en la dramática disminución de los insectos porque sus componentes primarios (aluminio-silicatos y hierro) y sus múltiples elementos de traza, se encuentran adheridos a los cuerpos de los insectos que se han capturado en áreas contaminadas de todo el mundo. Es imperativo confirmar y ampliar estos hallazgos, y buscar la "huella digital" de las cenizas volantes de carbón en el agua de lluvia, en los insectos y sus alrededores en áreas alejadas de los sitios industriales, pero afectadas por la fumigación de cenizas volantes de carbón en aerosol.

La geoingeniería atmosférica con cenizas volantes de carbón contribuye muy probablemente a la creciente irradiancia de la radiación UV-B y UV-C, que es mortal para los insectos.

Hasta la fecha no se ha encontrado ninguna causa estadísticamente significativa que explique la desaparición de los insectos [1-12]. El principio de precaución, que se propone como una nueva directriz en la toma de decisiones medioambientales [80], consta de cuatro ejes fundamentales: (1) la adopción de medidas preventivas frente a la incertidumbre; (2) la transferencia de la carga de la prueba a los proponentes de una actividad (en este caso, la dispersión aérea de partículas); (3) la exploración de una amplia gama de alternativas a acciones posiblemente perjudiciales; y, (4) una mayor participación pública en la toma de decisiones, que en el caso de la desaparición generalizada de insectos debería incluir a los científicos. Con este espíritu, hemos revelado las posibles causas primarias, pero no reconocidas anteriormente, del catastrófico declive de los insectos. Es necesario exponer y detener la geoingeniería de aerosoles atmosféricos para evitar una mayor contaminación de la biosfera. El regreso gradual de los insectos cuando se detenga la fumigación aérea será la mejor prueba de que las cenizas volantes de carbón en aerosol, es, de hecho, una de las principales causas de la drástica disminución de la población y la diversidad de insectos.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS

1. Cox-Foster D, Van Engelsdorp D. Saving the honey bee. *Scientific American*. 2009;300(4):40-7.
2. Council NR. Status of pollinators in North America: National Academies Press; 2007.
3. Gixti JC, Wong LT, Cameron SA, Favret C. Decline of bumble bees (*Bombus*) in the North American Midwest. *Biological conservation*. 2009;142(1):75-84.
4. Goulson D, Lye GC, Darvill B. Decline and conservation of bumble bees. *Annu Rev Entomol*. 2008;53:191-208.
5. Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF, et al. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(2):662-7.
6. Evans JD, Saegerman C, Mullin C, Haubruge E, Nguyen BK, Frazier M, et al. Colony collapse disorder: a descriptive study. *PLoS ONE*. 2009;4(8):e6481.
7. Watanabe ME. Colony collapse disorder: Many suspects, no smoking gun. *BioScience*. 2008;58(5):384-8.
8. Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*. 2017;12(10):e0185809.
9. Brooks DR, Bater JE, Clark SJ, Monteith DT, Andrews C, Corbett SJ, et al. Large carabid beetle declines in a United Kingdom monitoring network increases evidence for a widespread loss in insect biodiversity. *Journal of Applied Ecology*. 2012;49(5):1009-19.
10. Conrad KF, Warren MS, Fox R, Parsons MS, Woiod IP. Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biological Conservation*. 2006;132(3):279-91.
11. Thomas J. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical transactions of the royal society of London B: Biological Sciences*. 2005;360(1454):339-57.
12. Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJ, Collen B. Defaunation in the Anthropocene. *Science*. 2014;345(6195):401-6.
13. Deonarine A, Bartov G, Johnson TM, Ruhl L, Vengosh A, Hsu-Kim H. Environmental impacts of the Tennessee Valley Authority Kingston coal ash spill. 2. Effect of coal ash on methylmercury in historically contaminated river sediments. *Environmental Science & Technology*. 2013;47(4):2100-8.
14. Harkness JS, Sulkin B, Vengosh A. Evidence for coal ash ponds leaking in the southeastern United States. *Environmental Science & Technology*. 2016;50(12):6583-92.
15. Environmental Protection Agency EPA. Available: <https://www.epa.gov/coalash/coal-ash-reuse> Accessed June 4, 2018
16. Basu M, Pande M, Bhadoria PBS, Mahapatra SC. Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. *Progress in Natural Science*. 2009;19(10):1173-86.
17. Herndon JM, Whiteside M. Further evidence of coal fly ash utilization in tropospheric geoengineering: Implications on human and environmental health. *J Geog Environ Earth Sci Intern*. 2017;9(1):1-8.
18. Herndon JM, Whiteside M. Contamination of the biosphere with mercury: Another potential consequence of on-going climate manipulation using aerosolized coal fly ash *J Geog Environ Earth Sci Intern*. 2017;13(1):1-11.
19. Herndon JM. Evidence of variable Earth-heat production, global non-anthropogenic climate change, and geoengineered global warming and polar melting. *J Geog Environ Earth Sci Intern*. 2017;10(1):16.
20. Shearer C, West M, Caldeira K, Davis SJ. Quantifying expert consensus against the existence of a secret large-scale atmospheric spraying program. *Environ Res Lett*. 2016;11(8):084011.
21. Moreno N, Querol X, Andrés JM, Stanton K, Towler M, Nugteren H, et al. Physico-chemical characteristics of European pulverized coal combustion fly ashes. *Fuel*. 2005;84:1351-63.
22. Thomas W. *Chemtrails Confirmed*. Carson City, Nevada (USA): Bridger House Publishers; 2004.
23. Herndon JM. Aluminum poisoning of humanity and Earth's biota by clandestine geoengineering activity: implications for India. *Curr Sci*. 2015;108(12):2173-7.
24. Chen Y, Shah N, Huggins FE, Huffman GP. Transmission electron microscopy investigation of ultrafine coal fly ash particles. *Environmental Science and Technology*. 2005;39(4):1144-51.

25. Fisher GL. Biomedically relevant chemical and physical properties of coal combustion products. *Environ Health Persp.* 1983; 47:189-99.
26. Alstad D, Edmunds Jr G, Weinstein L. Effects of air pollutants on insect populations. *Annual Review of Entomology.* 1982;27(1):369-84.
27. Forouzanfar MH, Alexander L, Anderson HR, Bachman VF, Biryukov S, Brauer M, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet.* 2015;386(10010):2287-323.
28. State of Global Air. Available: <https://www.stateofglobalair.org> (Accessed June 4, 2018)
29. Jensen P, Trumble JT. Ecological consequences of bioavailability of metals and metalloids in insects. *Recent Res Dev Entomol.* 2003;42:1-17.
30. Butler CD, Trumble JT. Effects of pollutants on bottom-up and top-down processes in insect–plant interactions. *Environmental Pollution.* 2008;156(1):1-10.
31. Trumble JT, Vickerman DB. Pollution and Terrestrial Arthropods. *Encyclopedia of Entomology.* Springer. 2004;1787-9.
32. Brake S, Jensen R, Mattox J. Effects of coal fly ash amended soils on trace element uptake in plants. *Environmental Geology.* 2004;45(5):680-9.
33. Calatayud P, Njuguna E, Juma G. Silica in insect-plant interactions. *Entomol Ornithol Herpetol.* 2016;5:e125.
34. Mucha-Pelzer T, Debnath N, Goswami A, Mewis I. Comparison of different silicas of natural origin as possible insecticides. *Communications in agricultural and applied biological sciences.* 2008;73(3):621-8.
35. Vuori KM. Acid-induced acute toxicity of aluminium to three species of filter feeding caddis larvae (*Trichoptera, Arctopsychoidea and Hydropsychidae*). *Freshwater Biology.* 1996;35(1):179-88.
36. Kijak E, Rosato E, Knapczyk K, Pyza E. *Drosophila melanogaster* as a model system of aluminum toxicity and aging. *Insect science.* 2014;21(2):189-202.
37. Chicas-Mosier AM, Cooper BA, Melendez AM, Pérez M, Oskay D, Abramson CI. The effects of ingested aqueous aluminum on floral fidelity and foraging strategy in honey bees (*Apis mellifera*). *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2017;143:80-6.
38. Nichol H, Law JH, Winzerling JJ. Iron metabolism in insects. *Annual Review of Entomology.* 2002;47(1):535-59.
39. Ghio AJ, Cohen MD. Disruption of iron homeostasis as a mechanism of biologic effect by ambient air pollution particles. *Inhalation Toxicology.* 2005;17(13):709-16.
40. Sohal R, Allen R, Farmer K, Newton R. Iron induces oxidative stress and may alter the rate of aging in the housefly, *Musca domestica*. *Mechanisms of ageing and development.* 1985;32(1):33-8.
41. Ferrero A, Torreblanca A, Garcera MD. Assessment of the effects of orally administered ferrous sulfate on *Oncopeltus fasciatus* (*Heteroptera: Lygaeidae*). *Environ Sci Pollut Res.* 2017;24(9): 8551-61.
42. Exley C, Rotheray E, Goulson D. Bumblebee pupae contain high levels of aluminum. *PLoS ONE.* 2015;10(6): e0127665.
43. Van der Steen JJ, de Kraker J, Grotenhuis T. Spatial and temporal variation of metal concentrations in adult honey bees (*Apis mellifera* L.). *Environmental Monitoring and Assessment.* 2012;184(7):4119-26.
44. Zhelyazkova I. Honey bees–bioindicators for environmental quality. *Bulg J Agric Sci.* 2012;18(3):435-42.
45. Altunatmaz SS, Tarhan D, Aksu F, Barutcu UB, or ME. Mineral element and heavy metal (cadmium, lead and arsenic) levels of bee pollen in Turkey. *Food Science and Technology (Campinas).* 2017(AHEAD):0-.
46. Kostić AŽ, Pešić MB, Mosić MD, Dojčinović BP, Natić MM, Trifković JĐ. Mineral content of bee pollen from Serbia/Sadržaj minerala u uzorcima pčelinjega peluda iz Srbije. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology.* 2015;66(4):251-8.
47. Sattler JAG, De-Melo AAM, Nascimento KS, Mancini-Filho J, Sattler A, al. e. Essential minerals and inorganic contaminants (barium, cadmium, lithium, lead and vanadium) in dried bee pollen produced in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Food Science and Technology (Campinas).* 2016;36(3):505-9.
48. Azam I, Afsheen S, Zia A, Javed M, Saeed R, Sarwar MK, et al. Evaluating insects as bioindicators of heavy metal contamination and accumulation near industrial area of

- Gujrat, Pakistan. BioMed Research International; 2015.
49. Karadjova I, Markova E. Metal accumulation in insects (*Orthoptera, Acrididae*) near a copper smelter and copper-flotation factory (Pirdop, Bulgaria). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2009;23(sup1):204-7.
 50. Devkota B, Schmidt G. Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2000;78(1): 85-91.
 51. Negri I, Mavris C, Di Prisco G, Caprio E, Pellecchia M. Honey bees (*Apis mellifera*, L.) as active samplers of airborne particulate matter. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0132491.
 52. Kitherian S. Nano and Bio-nanoparticles for Insect Control. *Res J Nanosci Nanotechnol*; 2017.
 53. Buteler M, Sofie S, Weaver D, Driscoll D, Muretta J, Stadler T. Development of nanoalumina dust as insecticide against *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica*. *International Journal of Pest Management*. 2015;61(1):80-9.
 54. Murugan K, Dinesh D, Nataraj D, Subramaniam J, Amuthavalli P, Madhavan J, et al. Iron and iron oxide nanoparticles are highly toxic to *Culex quinquefasciatus* with little non-target effects on larvivoracious fishes. *Environ Sci Pollut Res*. 2018;25(11):10504-14.
 55. Maher BA, Ahmed IAM, Karloukovski V, MacLauren DA, Foulds PG, et al. Magnetite pollution nanoparticles in the human brain. *Proc Nat Acad Sci*. 2016;113(39):10797-801.
 56. Acosta-Avalos DL, Wajnberg E, Oliveira PS, Leal I, Farina M, Esquivel DM. Isolation of magnetic nanoparticles from *Pachycondyla marginata* ants. *Journal of Experimental Biology*. 1999;202(19): 2687-92.
 57. Liang C-H, Chuang C-L, Jiang J-A, Yang E-C. Magnetic sensing through the abdomen of the honey bee. *Scientific Reports*. 2016;6:23657.
 58. Maher BA. Magnetite biomineralization in termites. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 1998;265(1397):733-7.
 59. Petrovský E, Zbořil R, Grygar TM, Kotlík B, Novák J, Kapička A, et al. Magnetic particles in atmospheric particulate matter collected at sites with different level of air pollution. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 2013;57(4):755-70.
 60. Kirschvink JL. Microwave absorption by magnetite: A possible mechanism for coupling non-thermal levels of radiation to biological systems. *Bioelectromag*. 1996;17:187-94.
 61. Thielens A, Bell D, Mortimore DB, Greco MK, Martens L, Joseph W. Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120 GHz. *Scientific Reports*. 2018;8(1):3924.
 62. Kumar NR, Sangwan S, Badotra P. Exposure to cell phone radiations produces biochemical changes in worker honey bees. *Toxicology International*. 2011;18(1):70.
 63. Zarić N, Ilijević K, Stanisavljević L, Gržetić I. Metal concentrations around thermal power plants, rural and urban areas using honey bees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2016;13(2):413-22.
 64. De Jong D, Morse RA, Gutenmann WH, Lisk DJ. Selenium in pollen gathered by bees foraging on fly ash-grown plants. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1977;18(4):442-4.
 65. Roman A. Levels of Copper, Selenium, Lead, and Cadmium in Forager Bees. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2010;19(3).
 66. Hladun KR, Smith BH, Mustard JA, Morton RR, Trumble JT. Selenium toxicity to honey bee (*Apis mellifera* L.) pollinators: Effects on behaviors and survival. *PLoS ONE*. 2012;7(4):e34137.
 67. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. *EXS*. 2012;101:133-64.
 68. Zaman K, MacGill R, Johnson J, Ahmad S, Pardini R. An insect model for assessing mercury toxicity: Effect of mercury on antioxidant enzyme activities of the housefly (*Musca domestica*) and the cabbage looper moth (*Trichoplusia ni*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 1994;26(1):114-8.
 69. Braeckman B, Raes H, Van Hoya D. Heavy-metal toxicity in an insect cell line. Effects of cadmium chloride, mercuric chloride and methylmercuric chloride on cell viability and proliferation in *Aedes albopictus* cells. *Cell biology and toxicology*. 1997;13(6):389-97.

70. Trumble JT, Kund G, White K. Influence of form and quantity of selenium on the development and survival of an insect herbivore. *Environmental Pollution*. 1998;101(2):175-82.
71. Shonouda M, El-Samad L, Mokhamer H, Toto N. Use of oxidative stress and genotoxic biomarkers of aquatic beetles *Anacaena globulus* (Coleoptera: Hydrophilidae) as biomonitors of water pollution. *J Entomol*. 2016;13:122-31.
72. Cabrol NA, Feister U, Häder D-P, Piazena H, Grin EA, Klein A. Record solar UV irradiance in the tropical Andes. *Frontiers in Environmental Science*. 2014;2(19).
73. Córdoba C, Munoz J, Cachorro V, de Carcer IA, Cussó F, Jaque F. The detection of solar ultraviolet-C radiation using KCl:Eu²⁺ thermoluminescence dosimeters. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 1997;30(21):3024.
74. D'Antoni H, Rothschild L, Schultz C, Burgess S, Skiles J. Extreme environments in the forests of Ushuaia, Argentina. *Geophysical Research Letters*. 2007;34(22).
75. Herndon JM, Hoisington RD, Whiteside M. Deadly ultraviolet UV-C and UV-B penetration to Earth's surface: Human and environmental health implications. *J Geog Environ Earth Sci Intern*. 2018;14(2):1-11.
76. Ravanat J-L, Douki T, Cadet J. Direct and indirect effects of UV radiation on DNA and its components. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2001;63(1):88-102.
77. Ballare CL, Caldwell MM, Flint SD, Robinson SA, Bornman JF. Effects of solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. Patterns, mechanisms, and interactions with climate change. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2011;10(2):226-41.
78. Sang W, Yu L, He L, Ma W-H, Zhu Z-H, Zhu F, et al. UVB radiation delays *Tribolium castaneum* metamorphosis by influencing ecdysteroid metabolism. *PLoS ONE*. 2016;11(3):e0151831.
79. Hori M, Shibuya K, Sato M, Saito Y. Lethal effects of short-wavelength visible light on insects. *Scientific Reports*. 2014;4:7383.
80. Kriebel D, Tickner J, Epstein P, Lemons J, Levins R, Loechler EL, et al. The precautionary principle in environmental science *Environ Health Perspec*. 2001; 109(9):871-6.

© 2018 Whiteside and Herndon; This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Historial de revisión:

<http://www.sciencedomain.org/review-history/25994>

Traducción www.guardacielos.org