

Manejo de la contaminación ambiental intramuros

por medio de la generación de iones aéreos electronegativos

Palabras clave: Contaminación ambiental, enfermedades respiratorias, asma, alergia, seguridad e higiene, ionización, iones negativos del aire.

Key words: Air pollution, respiratory diseases, asthma, allergy, environmental safety, ionization, air negative ions.

Recibido: 28/08/2005
Aceptado: 12/10/2005

Arturo M Terrés-Speziale*

* Director Ejecutivo de Asesoría, Investigación y Desarrollo.

Correspondencia:
Dr. Arturo M Terrés Speziale
Asesoría, Investigación y Desarrollo
Blvd. Adolfo López Mateos 2109-501
01710 México, D.F.
E-mail: www.aterres@aidmx.com

Resumen

Antecedentes: Desde el descubrimiento de la electricidad mucho se ha especulado sobre sus efectos en la atmósfera y en la salud. En los primeros años del siglo XXI ha surgido un renovado interés en la ionización del aire, el cual se ha debido en gran medida al avance tecnológico en el desarrollo de mejores equipos para la generación de iones, así como para la medición de los mismos en el ambiente. **Objetivo:** Determinar el estado actual del control de la contaminación ambiental intramuros por medio de la ionización del aire con generadores de iones electronegativos, incluyendo sus mecanismos de operación y su impacto sobre la salud desde el punto de vista preventivo y terapéutico. **Método:** Se trata de un artículo de revisión de la literatura nacional e internacional más relevante sobre contaminación ambiental intramuros incluyendo los mecanismos y efectos de la ionización del aire. **Resultados:** El estudio de la ionización del aire ha involucrado el trabajo de muchos investigadores durante la segunda mitad del siglo XX; sin embargo, muchas publicaciones fueron contradictorias, lo que desalentó e interrumpió hasta cierto punto el interés en este campo. La carencia de estándares y de procedimientos unificados comprometió seriamente al campo de la aeroionización. La introducción de generadores y medidores de iones con tecnología de punta y de méto-

Abstract

Background: Since electricity was discovered, much as been speculated about electrical field effects and subsequent impact on health. Now, on the early years of the XXI century, a renewed interest has emerged on air ionization; this interest has emerged because of technological advances that as conditioned the availability of new, efficient and economic ion generators and better devices to measure ions and their impact on the environment and health. **Goal:** The purpose of this document is to evaluate the state of the art of indoor air pollution control with electronegative ion air generators, including a brief review of operational fundamentals and health impact from the preventive and therapeutical perspectives. **Method:** This is a review of scientific and medical relevant publications related to indoor environmental contamination and the related mechanisms and effects of air ionization. **Outcome:** Air ionization research has involved many researchers through the second half of past century. The introduction of new technologies on ion generators, and reliable measuring devices with improved scientific and statistical methods has derived not only on reliable information but also on FDA and OSHA operational and safety standards. **Conclusions:** Solid evidence is available on electronegative air ioni-

dos científicos de investigación más avanzados, incluyendo los de evaluación estadística, han generado información confiable y estándares de operación en la *Food and Drug Administration* (FDA) y en la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). **Conclusiones:** Existe evidencia sobre las ventajas de la ionización artificial del aire con iones electronegativos: 1) neutralización del daño causado por los iones positivos; 2) reducción de micropartículas ambientales: químicos, tóxicos, microorganismos y alérgenos; 3) mejora de la función respiratoria, tanto en la vía aérea como a nivel mitocondrial, así como de algunas otras funciones, incluyendo las psicológicas y 4) aumento de los mecanismos de defensa. **Discusión:** La Organización Mundial de la Salud (OMS) define salud como el estado óptimo de equilibrio bio-psico-social. Para mantener la salud y alcanzar la meta de una longevidad saludable se necesita vivir en un ambiente limpio y saludable. Así como es necesario consumir agua y alimentos limpios y nutritivos, también resulta necesario que respiremos en una atmósfera limpia y bien equilibrada desde el punto de vista iónico. Es posible que la introducción de generadores de iones electronegativos de alta eficiencia y bajo costo represente un parteaguas en la salud tanto a nivel residencial como laboral, sobre todo en los centros de atención a pacientes, incluyendo hospitales y laboratorios. El uso controlado de los emisores negativos del ion ha demostrado beneficiar a individuos que sufrían de problemas respiratorios. Si se maneja correctamente, el aire ionizado puede convertirse en un asociado valioso a otros métodos de tratamiento establecidos

zation health benefits including 1) Neutralization of positive ions damaging effects 2) Reduction of micro environmental particles including chemical toxic, microorganisms, and allergens 3) Respiratory improvement including airway and mitochondrial level. 4) Improved resistance mechanisms including physiological and psychological level. **Discussion:** WHO defines health as the optimal bio-psycho-social equilibrium. To maintain health through the years and to achieve a successful longevity it is necessary to accomplish a clean environment, to consume pure water and nutritive foods. Breathing clean air from an ion enriched well balanced atmosphere is now obviously important. Residential, laboral and clinical introduction of effective, low cost and well controlled electronegative ion air generators may represent a breakthrough on human health. Controlled use of negative ion air generators has proven to be of benefit on patients with respiratory diseases. If properly managed they might represent a brake through as a complementary therapy with established treatments.

Introducción

Los iones fueron descubiertos por Michael Faraday (1791-1867), físico químico inglés, cuyas investigaciones sobre electrólisis sentaron las bases de la electroquímica. Los iones son átomos o moléculas que han ganado o perdido uno o más electrones por impacto con moléculas en movimiento rápido (como en los gases) o por medio de disolución, quedando cargados electropositivamente (llamándoseles aniones) o en forma negativa (recibiendo el nombre de cationes).¹

Desde el descubrimiento de la electricidad, mucho se ha especulado sobre sus efectos en la atmósfera y en la salud. La opresión que la gente siente antes de una tormenta, el regocijo que se experimenta después de que ha pasado, la sensación de frescura del aire en la montaña e, inversa-

mente, los efectos perjudiciales del viento seco y caliente, se relacionan todas con el estado de las cargas eléctricas de los iones en el aire. Es significativo que entre los factores que según se sabe producen desequilibrio de los iones positivos se encuentra el smog, además de los calefactores y aires acondicionados.²

Durante las últimas décadas ha existido interés, sobre todo en la antigua Unión Soviética (actualmente Federación Rusa) y en la NASA de los Estados Unidos, en controlar el contenido de los iones del aire, además de la temperatura, humedad y presión barométrica, no sólo para mejorar la comodidad de los astronautas en las cápsulas espaciales, sino también para evaluar su potencial clínico terapéutico en general.³ En la Universidad de California, el Doctor Albert P Krueger halló que con un exceso de iones negativos el aparato

respiratorio mejoraba su fisiología. Otro investigador de la RCA, el doctor CW Hansell observó algunos efectos en forma accidental cuando, en 1932, reparó en que uno de sus compañeros científicos cambiaba de estado de ánimo al trabajar con un generador electrostático de manera curiosa, mejorando al estar expuesto a cargas negativas y empeorando al exponerse a cargas positivas.⁴ En un experimento efectuado en *la University College of Engineering* de Nueva York se expuso a voluntarios a corriente de iones negativos y demostraron que sus reacciones visuales mejoraron perceptiblemente y que podían trabajar más con menor fatiga.⁵

Durante más de 50 años hubo mucha experimentación en laboratorios de diversas universidades en países desarrollados; sin embargo, los resultados eran controversiales por las dificultades tecnológicas y metodológicas de este tipo de investigación. En los primeros años del siglo XXI ha surgido un renovado interés en la ionización del aire, el cual se ha debido en gran medida al avance tecnológico en el desarrollo de mejores equipos para la generación de iones, así como para la medición de los mismos en el ambiente.

Naturaleza de los iones en el aire

En la atmósfera existen varios tipos de partículas submicroscópicas cargadas eléctricamente. Estas partículas pueden ser átomos, moléculas, grupo de moléculas, o partículas tales como polvo o gotitas del líquido que se han cargado eléctricamente. Si un átomo pierde un electrón forma un ion positivo; si gana un electrón, y manifiesta así una carga negativa, se convierte en un ion negativo.

Los iones se producen continuamente en la naturaleza por el bombardeo de las moléculas del aire por partículas subatómicas alfa y beta, además de la absorción de la radiación en radiografías, rayos gamma, rayos cósmicos, radiación ul-

travioleta, microondas, onda corta, etcétera. Tales fuentes de energía desalojan electrones para formar iones positivos, y los electrones libres son capturados y neutralizados posteriormente por moléculas aéreas con carga negativa.

El ozono es muy importante cuando hablamos sobre la calidad del aire, se trata de una molécula integrada por tres átomos de oxígeno (O_3) y que en concentraciones elevadas puede ser tóxica para los seres vivos, incluyendo el hombre; mientras que la molécula básica de oxígeno que respiramos y que es esencial para la vida del oxígeno consta de tan sólo dos átomos (O_2).

Los iones que se están formando continuamente son neutralizados por la combinación con los iones de la polaridad opuesta, de modo que su concentración en la atmósfera es bastante constante. La ionización debida a los rayos cósmicos y a la materia radiactiva en el suelo es casi constante en una localización particular, pero la concentración en el aire varía debido a la turbulencia y porque el índice de la exhalación de gases radiactivos es afectado por factores tales como la temperatura, el viento, la luz y la oscuridad.

Los iones son clasificados no solamente por su carga eléctrica (polaridad), sino también por sus tamaños en: pequeños, intermedios y grandes. Los iones pequeños son moléculas de 0.001 y 0.003 micrones de diámetro. Los iones grandes son por lo menos diez veces el tamaño del pequeño y pueden ser tan grandes como 0.100 micrones de diámetro. Un ion pequeño es altamente móvil comparado con uno grande, su velocidad en un campo eléctrico es cerca de 5,000 veces mayor que el de un ion grande. Hay una diferencia física adicional entre los iones grandes y pequeños. Si se neutraliza un ion pequeño, las moléculas que han sido ligadas por el movimiento de la carga aparte, no sale de ningún rastro de la colección original; si un ion grande pierde su carga, por otra parte, continúa existiendo como partícula neutra por lo que las dos clases también diferencian en la longitud de la vida. El intervalo medio del tiempo entre la

Cuadro I. Concentración típica de los iones por cm^3 en el aire dependiendo de la ubicación geográfica y las condiciones del clima.

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Aire después de tormenta eléctrica | 50,000 - 100,000 |
| Aire junto a una cascada | 10,000 - 50,000 |
| Aire puro de montaña | 5,000 - 10,000 |
| Aire junto al mar | 1,000 - 5,000 |
| Aire de ciudad | 100 - 500 |
| Aire de departamento urbano | 50 - 100 |

formación y la destrucción de un ion pequeño en aire limpio es cerca de cuatro a cinco minutos, en aire contaminado generalmente menos de un minuto. Los iones grandes tienen una vida de cerca de 15 a 20 minutos en aire limpio y alrededor de una hora en aire contaminado.

Concentración atmosférica de iones

32

La concentración de los iones en la atmósfera difiere extensamente de lugar a lugar;⁶ el número de iones pequeños, por ejemplo, varía sobre una gama de cerca de 200 a 2,200 por cm^3 , dependiendo de la localización geográfica y las condiciones del clima, presión barométrica, humedad, época del año, hora del día, viento, precipitación pluvial, altitud, contaminación, etcétera (*cuadro I*).

Normalmente en la naturaleza existe un predominio de alrededor de cinco iones positivos por cuatro iones negativos, mantener este equilibrio (5:4) es crucial. El oxígeno se encuentra entre los iones negativos mientras que el bióxido de carbono se encuentra entre los positivos. En el aire relativamente no contaminado del país y en áreas urbanas donde hay mucha vegetación, los iones negativos pequeños dominan, mientras que en sitios densamente poblados e industrializados los iones positivos grandes exceden a los pequeños. En altitud elevada, debido a la radiación ultravioleta y cósmica fuerte, la concentración de iones peque-

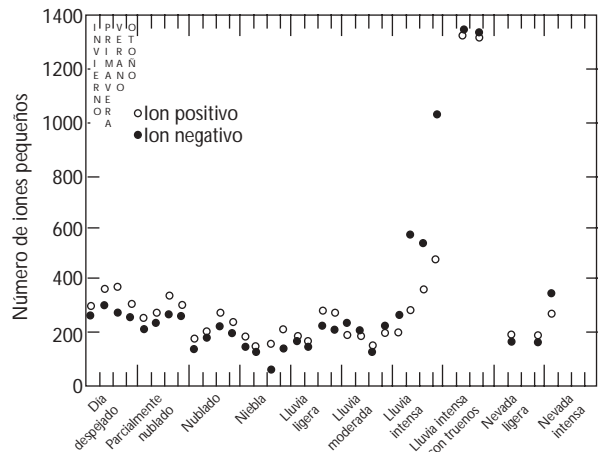


Figura 1. Efecto de las condiciones meteorológicas en el número de iones pequeños en la atmósfera. Yaglou CP⁶

ños en el aire es mucho mayor que en el nivel del mar. La concentración de los iones exhibe variaciones diarias y anuales regulares; por ejemplo, la concentración creciente circadiana de iones pequeños ocurre generalmente poco después del mediodía, sobre todo en días claros; y del mismo modo, en la variación anual, aumenta en los meses del verano. Los cambios en condiciones meteorológicas tienen efectos significativos en la concentración de iones en el aire. En general, la concentración del ion es generalmente menor en días nublados que en días claros; la precipitación pluvial, así como las modificaciones de temperatura y la humedad, son precedidas o acompañadas por una subida aguda en contenido de iones. El efecto más llamativo del tiempo es lluvia pesada, especialmente si es acompañado por el trueno; de tales condiciones, el número de iones pequeños, negativos y positivos, aumenta grandemente, según lo demostrado en la *figura 1*, que indica el efecto de varias condiciones meteorológicas.

Concentración de iones dentro de los edificios

La concentración de iones en cuartos vacíos con ventilación natural no es muy diferente a la del

aire libre. Cuando se ocupa un cuarto, las concentraciones disminuyen, dependiendo del número de inquilinos y de la densidad de agentes contaminantes, incluyendo por supuesto el humo del tabaco. Cualquier aumento en la concentración de iones grandes con carga positiva se acompaña de una disminución de la concentración de iones pequeños con carga negativa. Esto se debe, en parte, a que los iones pequeños combinan con los núcleos de la condensación dados por las partículas del humo. Este fenómeno ocurre muy rápidamente, con frecuencia dentro de una hora, después de lo cual se establecen niveles bastante constantes. Cuando se desocupa el cuarto, ocurre una recuperación lenta después de varias horas, trayendo el aire de nuevo a su concentración original. Ciertos componentes de los sistemas de aire acondicionado y de calefacción también causan variación en la concentración de iones dentro de los edificios. Los televisores y las computadoras representan un riesgo adicional, ya que la carga electrostática de los monitores reduce las cargas electronegativas de las áreas circundantes. Los trenes y los aviones con aire acondicionado de la actualidad con frecuencia sobrealimentan la generación de iones positivos dañinos, porque los ventiladores, los filtros y los conductos del metal de los sistemas de aire acondicionado disminuyen los iones negativos del aire antes de que sean capaces de neutralizar a los iones positivos que, como veremos más adelante son peligrosos, para la salud humana.⁷

Efectos de los iones aéreos

Los niveles naturales relativamente bajos de los iones no permiten la evaluación sistemática de sus características biológicas. Para llevar a cabo las investigaciones es necesario crear un medio artificial en el laboratorio que permita conducir experimentos clínicos en condiciones controladas. Sólo de esta manera es posible llegar a conclusiones válidas. Del mismo modo, es indispensable

contar con generadores de iones que sean capaces de producir iones unipolares en concentraciones controladas. Existen muchos métodos para la generación artificial de iones, incluyendo isótopos radiactivos, corrientes de alto voltaje, radiación ultravioleta, y aerosoles de líquidos cargados. Para el trabajo experimental, es indispensable contar con dos unidades separadas para la producción de iones negativos (-) o positivos (+), o bien una unidad que permita la reversión de polaridades con una salida controlada de más de 100,000 iones por cm^3 de aire, midiéndolos a una distancia de seis pies (183 cm). También se requiere de colectores especialmente contruidos para medir la velocidad, la densidad y la polaridad del ion.

El primer estudio sistemático de iones del aire y su efecto biológico sobre seres humanos se divulgó en Alemania en 1931, incluyendo pruebas en sujetos sanos y enfermos.⁶ Los resultados indicaron que los iones del aire de la carga opuesta tenían efectos diferentes:

Los iones positivos: Causan aumento en el pulso, la presión arterial y en la tasa metabólica, dando por resultado sensaciones desagradables, tales como dolor de cabeza, vértigo y fatiga. La respuesta de cada persona a los iones con carga positiva en aire tiene una importante variabilidad biológica individual, ya que algunos pacientes pueden ser más sensibles que otros, probablemente porque tienen un umbral bajo en la regulación de los componentes del eje psico-neuro-inmuno-endocrino. La modificación del campo eléctrico es similar a la que ocurre en el "síndrome del edificio enfermo", el cual es causado por la carga electrostática de los monitores con carga positiva, los hornos de microondas y por el clima artificial, y provoca que los individuos se quejen de los mismos síntomas. Las partículas cargadas positivamente provocan síntomas característicos de broncoespasmo cuando se acumulan en vías respiratorias, y pueden provo-

car sequedad de la piel y eccema cuando se acumulan en cara o manos.

Los iones negativos: Causan disminución de prácticamente todas las manifestaciones clínicas de los iones positivos, revirtiendo el daño y produciendo una sensación de bienestar. Los efectos benéficos de los iones electronegativos han sido comprobados e informados por diversos investigadores. En los estudios realizados destacan los efectos observados en individuos que sufrían de enfermedades respiratorias, sobre todo en pacientes alérgicos con fiebre del heno y asma, observándose que los síntomas se presentan nuevamente minutos a horas después de su retorno a un ambiente normal.

Efectos de la ionización del aire

Los experimentos de Krueger y colaboradores^{4,5} aportaron una mejor comprensión de los mecanismos del aire ionizado. Ellos demostraron que los iones atmosféricos de ambas polaridades ejercen una influencia profunda en la actividad, el flujo del moco y la vulnerabilidad ciliar, así como al trauma de las células de la tráquea. Los efectos dañinos de los iones positivos del aire son:

- Reducción de la movilidad de los cilios (< 600 x minuto).
- Reducción de la producción y del flujo del moco.
- Contracción de la pared posterior de la tráquea.
- Deshidratación de la superficie mucosa.
- Estado de la vulnerabilidad al trauma.
- Aumento en la liberación de 5-OH-triptamina (serotonina).

Los iones negativos revierten los cambios causados por el tratamiento con los iones positivos al aumentar el ritmo ciliar (> 1,200 x minuto), la reactividad de la tráquea, el flujo del moco sobre valores normales. El uso controlado de los emi-

sores negativos del ion ha demostrado beneficiar a individuos que sufrían de alergias aerotransportadas a la vía respiratoria. Si se maneja correctamente, el aire ionizado puede convertirse en asociado valioso a otros métodos de tratamiento establecidos en gran número de estados de la enfermedad.

El estudio de la ionización del aire involucró el trabajo de muchos investigadores durante la segunda mitad del siglo XX; sin embargo, muchas publicaciones fueron contradictorias, lo cual desalentó e interrumpió hasta cierto punto las investigaciones en este campo. La carencia de estándares y de procedimientos unificados comprometió seriamente al campo de la aeroionización. Es muy importante que durante la ionización se mantengan niveles bajos de ozono, ya que este gas es tóxico para el ser humano en general y para las vías aéreas en particular, donde afecta la función pulmonar, empeora el asma, causa irritación faríngea, tos seca, dolor torácico y aumento en la susceptibilidad a las infecciones. La introducción de los generadores y medidores de iones con tecnología de punta y de métodos científicos de investigación más avanzados, incluyendo los de evaluación estadística, han traído un cierto orden en el caos. En la actualidad, ya se cuenta con estándares y procedimientos establecidos. La *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos recomienda que la generación de ozono de los equipos médicos sea menor de 0.05 partículas por millón (ppm). Mientras que la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) requiere que los trabajadores eviten exposiciones promedio de menos de 0.10 ppm durante ocho horas.⁸⁻¹¹

Sulman y asociados¹⁵⁻¹⁹ fueron de los primeros investigadores que informaron sobre las ventajas de la ionización artificial del aire con iones electronegativos incluyendo:

- **Neutralización de los efectos electrostáticos de los iones positivos:** los cuales son genera-

Cuadro II. Diversos compuestos químicos, biológicos que son susceptibles de reducción a través de ionización negativa del aire.

| Químicos | Microorganismos | Desechos |
|---------------------|-----------------|-------------------------------|
| Abonos | Ácaros | Basura industrial |
| Aceites | Algas | Caspa de mascotas/animales |
| Ácido acrílico | Bacterias | Gangrena |
| Ácido carbólico | Esporas de moho | Gases/humo |
| Alcoholes | Gérmenes | Gases de escape |
| Amoniaco | Hongos | Heces de insectos (alergenos) |
| Benceno | Moho | Humo |
| Formaldehídos | Polen | Humo de cigarro |
| Monóxido de carbono | Virus | Olores diversos |
| Nicotina | | Partículas sólidas |
| Polvo | | Piel descamada |
| Propano | | Polvo |
| Resinas | | |
| Tetracloruros | | |

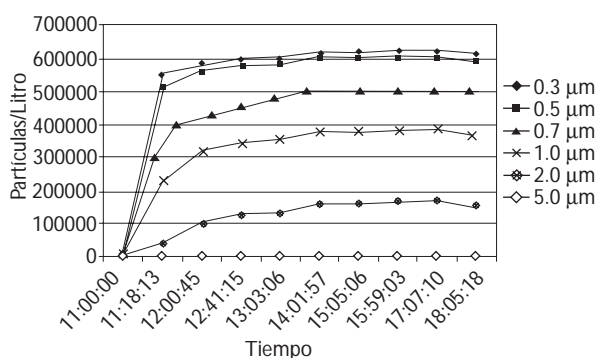


Figura 2. Comportamiento de las partículas de humo en una cámara de 128 pies cúbicos sin ionización del aire.

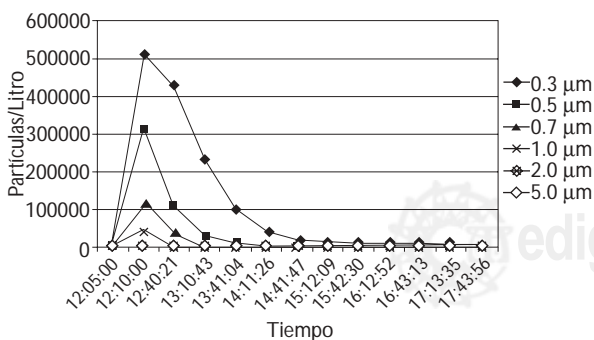


Figura 3. Comportamiento de las partículas de humo en una cámara de 128 pies cúbicos en presencia de aire ionizado.

dos por una diversidad de equipos incluyendo: monitores, televisores, computadoras, hornos de microondas, aire acondicionado, calefactores, etcétera.

- **Reducción de micropartículas ambientales:** que son generados sobre todo a nivel industrial y en el medio urbano en el "síndrome del edificio enfermo", incluyendo microorganismos, tóxicos y alergenos, etcétera (cuadro II).

Existen múltiples publicaciones que avalan estos hallazgos dentro de las que se puede mencionar:

Journal of Food Protection: documentó que la ionización negativa del aire fue altamente efectiva en la destrucción de la salmonella suspendida en el aire y en la superficie.²⁰

Agricultural Research: al ionizar el aire de un gallinero, el cual estaba notoriamente contaminado, se redujo el polvo y las partículas suspendidas en el aire en 99%, disminuyeron la salmonella suspendida en el aire en 95% y finalmente redujo la transmisión de salmonella entre pollos en 98%.²¹

En diversas publicaciones se ha informado que el uso de iones negativos reduce la presencia de virus, bacterias, hongos, monóxido de carbono y alérgenos suspendidos en el ambiente sin presentar efectos adversos colaterales.²²⁻²⁶ Los ionizadores son capaces de remover exitosamente las bacterias del aire, reduciendo la transmisión de infecciones adquiridas en los hospitales entre los pacientes que se encuentran en unidades de terapia intensiva cuya morbimortalidad es extremadamente alta, sobre todo cuando se debe a bacilos Gram negativos, como *Pseudomonas aeruginosa* o por levaduras como *Candida albicans*.^{27,28}

Mejora de condiciones psicológicas y fisiológicas. Los beneficios de los iones negativos han sido asociados con mayor productividad laboral, así como con menor frecuencia de ansiedad y depresión.^{4,26,27} Los iones negativos revierten el efecto de los iones positivos que se encuentran relacionados con retraso en la entrega del oxígeno de los eritrocitos a las células, produciendo síntomas de hipoxia, lo cual probablemente se encuentra relacionado con el 2-3 DPG. Estudios llevados a cabo en Rusia, demuestran que los iones negativos del aire (INA) tienen efecto positivo en la fosforilación oxidativa a nivel mitocondrial.²⁸ Los iones negativos tienen además la capacidad de regular los niveles de serotonina en sangre y otros sitios. La ionización positiva del aire por viento seco y caliente del desierto correlaciona con niveles elevados de serotonina en sangre. Pfeifer y FG Sulman,²⁹ en un estudio de 20 pacientes sensibles a los efectos del clima, encontraron que los niveles de serotonina aumentaron de 14-20 a 21-29 mg/dL. La exposición de 12 de estos pacientes a la ionización negativa artificial del aire durante tres a seis horas redujo los niveles a valores normales de 15-20 mg/dL (p, 0.001-0.005); mientras que en los ocho sujetos del grupo control, que no recibieron el tratamiento de ionización, seguía teniendo un nivel de 21-31 mg/dL. Sobre la base de este estudio se puede concluir que la concentración creciente de

iones positivos en el aire aumenta niveles de serotonina sanguínea, mientras que la ionización negativa del aire neutraliza el efecto de la ionización positiva del aire y reduce niveles de serotonina a los valores normales. Otros parámetros de la sangre medidos antes de tres a seis horas después de la ionización negativa del aire incluyeron: sodio, potasio, CO₂, cloruro, glucosa, nitrógeno de urea, colesterol, proteína total, albúmina, bilirrubina total, fosfatasa alcalina y SGOT, sin que se pudiera demostrar un cambio significativo en ninguno de ellos. Los niveles elevados de serotonina se asocian a una sintomatología diversa que ha sido catalogada como síndrome de la irritación por serotonina (SIS), según lo descrito por Danon y Sulman en 1969,³⁰ en el que se puede incluir: cefalea, edema facial, en dedos o piernas, palpitations de corazón, disnea, rubor caliente con sudor o frialdad, fiebre del heno, rinitis vasomotora, conjuntivitis, dolor reumático de las extremidades, hiperperistalsis, diarrea y polaquiuria. Los sitios más probables en los que ocurre la liberación de la serotonina son las plaquetas y el hipotálamo a nivel del centro termorregulador. También se ha sugerido que puede existir la participación del cuerpo carotídeo y del tejido enterocromafín en el tubo digestivo (Behar y colaboradores)³¹ Existe evidencia clínica de que la reducción de la liberación de serotonina plaquetaria puede ser benéfica en la prevención de la tromboembolia posoperatoria. En un estudio desarrollado en Israel por E Merimsky, I Litmanovitch y FG Sulmanen, que incluyó 228 pacientes posoperados a los que se les expuso a la ionización negativa del aire, sólo ocurrió un caso de tromboembolismo durante un periodo de observación de 28 meses (0.04%); mientras que en los 1,232 pacientes en las seis salas de control en las que se aplicó la profilaxis estándar con anticoagulantes hubo 12 casos de tromboembolia (1%) con un total de tres defunciones. El porcentaje de tromboembolismo posoperatorio (1%) correlacionó con el número medio de este tipo de problemas encontrado en el resto del hospital y en otros hospitales de

aquel país donde no se utilizó la ionización del aire. Parece ser que la ionización negativa puede sustituir el uso profiláctico de anticoagulantes en el posoperatorio.

Mejora de los mecanismos de defensa: Algunos investigadores creen que es posible que los iones negativos estimulan al sistema reticuloendotelial y a la resistencia inmune. Como ya explicamos, es claro que las cargas negativas, además de reducir la exposición a los alérgenos, tóxicos y microorganismos, tienen un efecto benéfico sobre la mucosa del epitelio respiratorio, reduciendo el daño y facilitando su recuperación y homeostasis. Adicionalmente, es posible que así como existe una reducción en la liberación de serotonina plaquetaria, podría haber una reducción en la liberación de citoquinas, histamina, prostaglandinas y leucotrienos, entre otros mediadores de los mecanismos inflamatorios e inmunes.

Discusión

En la actualidad la Organización Mundial de la Salud (OMS) define salud como el estado óptimo de equilibrio bio-psico-social. Es claro que para mantener la salud y alcanzar la meta de una longevidad saludable³² el ser humano necesita vivir en un ambiente limpio y saludable.³³ Hoy día, la humanidad se encuentra expuesta a una serie de situaciones muy distintas a las de nuestros ancestros y también lo es el que la polución del ambiente requiere de atención energética. Del mismo modo como es conveniente que consumamos agua y alimentos limpios y nutritivos, resulta necesario que respiremos en una atmósfera limpia de contaminantes químicos y biológicos, tóxicos y alérgicos, además de que esté bien balanceada en iones en la que exista una buena disponibilidad de iones con carga electronegativa. Esto es tan válido en nuestro hogar como en nuestros sitios de trabajo, desde las oficinas administrativas y departamentos de informática, donde abundan los sistemas de aire acondicionado y los monitores de computadoras que generan cargas

electrostáticas en exceso que reducen la disponibilidad de iones y generan un predominio de cargas electropositivas nocivas para los trabajadores; pero sobre todo en laboratorios clínicos, bancos de sangre, hospitales, quirófanos, unidades de terapia intensiva, donde además existe el riesgo de infecciones, por lo que hay necesidad de incrementar la seguridad e higiene en beneficio de los pacientes y del equipo de salud.

Gracias a la evolución de la ciencia y de la tecnología del siglo XXI, hoy día no sólo es conveniente, sino también posible y viable controlar la pureza del aire, además de regular el nivel de los iones aéreos que respiramos, del mismo modo que es posible regular temperatura y humedad. En la actualidad, en México ya disponemos de ionizadores de aire que en nuestra experiencia cumplen requisitos de alta efectividad, seguridad y bajo costo de adquisición y operación que los hacen altamente recomendables para las necesidades de una metrópoli como la Ciudad de México. Entre ellos destacan los equipos Surround Purification Systems XJ-2100 con los que tenemos experiencia personal. Las especificaciones técnicas de estos equipos se muestran en el *cuadro III*, operan con las siguientes características:

Fundamentos de operación:

1. **Ionización negativa:** Se trata de un generador de iones negativos, los cuales atraen magnéticamente a las partículas flotantes, haciéndolas demasiado pesadas para permanecer en el aire. Como resultado, caen y en consecuencia no pueden ser inhaladas por más tiempo. Los iones negativos también causan que las partículas se atraigan al plato conductor dentro del XJ-2100. El aparato cuenta con 25 agujas de acero inoxidable y de electrodos que generan iones para producir una alta densidad de iones negativos (60 millones por cm^3).
2. **Generación de ozono:** El XJ-2100 produce ozono solamente como un producto secunda-

Cuadro III. Especificaciones técnicas de Surround Purification Systems Xj-2100.

| | |
|-------------------------------|--|
| Voltaje considerado | 110 VAC, 12 VDC |
| Energía de consumo | 8 watts |
| Producción de iones negativos | 60,000,000/cm ³ |
| Producción de ozono | 5 mg/hora |
| Dimensiones (cm) | 13 (H) x 35 (A) x 22 (L) |
| Peso | 1.5 kg |
| Cobertura | Hasta 45 m ² de espacio abierto |

rio de la ionización de punto de aguja, resultando en niveles moderados y seguros. Dependiendo del tamaño del cuarto y de la ventilación, producirá alrededor de 0.015 a 0.04 ppm (partes por millón de ozono), lo cual está dentro de los estándares de la FDA y la OSHA. Cuando una molécula de ozono encuentra un contaminante, uno de sus átomos de oxígeno se separa de los otros dos, reaccionando con la molécula dañina. El átomo individual de oxígeno es poderosamente oxidante, por lo que es capaz de destruir a los contaminantes biológicos, removiendo su toxicidad y las propiedades causantes del mal olor.

Bibliografía

- Lapp RE. Iones, ionización, ionizadores. En: *Materia*. 2a ed. México, DF: Colección Científica Time Life. Ediciones Culturales Internacionales, 1989.
- Phillip DT, O'Brien R. A merced del clima. En: *La atmósfera*. 2a ed. México, DF: Colección Científica Time Life. Ediciones Culturales Internacionales, 1989.
- NASA. The aero-ionic composition of pressurized cabin air and its influence on the human body. Soviet Congress on Space Biol & Med. Moscow, 10 Nov 1966.
- Krueger AP, Hicks WW, Beckett JC. Influence of air ions on certain physiological functions. In: Tromp SW (ed). *Medical biometeorology*. Amsterdam: Elsevier Publ, 1963: 351-369.
- Krueger AP. Are air ions biologically significant? A review of a controversial subject. *Int J Biometeor* 1972; 16: 313-322.
- Yaglou CP. Meteorological conditions impact on atmospheric small ions number. *ASHVE Transactions* 1934; 40.
- Shaw CY, Tamura GT. Air ions and human comfort. *Canadian Building Digest* 1978; 199: 34-44.
- EPA.USA. Environmental Protection Agency Publication: The inside story: A guide to indoor air quality number: 402-K-93-007.
- EPA.USA. Environmental Protection Agency Publication: Indoor air pollution: An introduction for health professionals number: 402-R-94-007.
- EPA.USA. Environmental Protection Agency Publication: Residential air cleaning devices: A summary of available information number: 4001-90-002.
- EPA.USA. Environmental Protection Agency Publication: Residential air cleaners-indoor air facts number: 20a-4001-7-20a.
- Sulman FG, Danon A, Pfeifer Y, Tal E, Weller CP. Urinalysis of patients suffering from climatic heat stress. *Int J Biometeor* 1970; 14: 45-53.
- Sulman, FG, Levy D, Pfeifer Y, Superstine E, Tal E. Air ionometry of hot, dry desert winds and treatment with air ions of weather sensitive subjects. *Int J Biometeor* 1974; 18: 313-318.
- Sulman FG. *Health, weather and climate*. Karger, Basel, 1977; 160.
- Sulman FG, Levy D, Lunkan L, Pfeifer Y, Tal E. Absence of harmful effects of protracted negative air ionization. *Int J Biometeor* 1978; 22: 53-59.
- Sulman FG. *The effect of air ionization, electric fields, atmospheric and other electric phenomena on man and animal*. Springfield, Ill: Charles C Thomas, 1980; 400.
- Mitchel BW, Stone HD. Zapping air salmonella and dust. *Agricultural Res* 2000; 20-21.
- Mitchell BW, Seo KH, Holt PS, Gast RK. Bactericidal effects of negative air ions on airborne and surface *Salmonella enteritidis* from an artificially generated aerosol. *J Food Prot* 2001; 64 (1): 113-116.
- Bohgard M, Eklund P. Effects of an ionizer on sub-micron particles in indoor air. *J Aerosol Sci* 1998; 2: S1313-S1314.
- Hindy Kamal T et al. An initial control of indoor air biocontamination journal. *Environmental Management And Health* 2000; 11 (2): 133-138.
- Shargawi JM, Theaker ED, Drucker DB, Macfarlane T, Duxbury AJ. Sensitivity of *Candida albicans* to negative air ion streams. *Letters in Applied Microbiology* 2000; 87 (6): 889-897.
- Setting G, Invernizzi R, Boffi P, Paredi E. Soresi negative air ionization from a portable mini-device reduces carbon monoxide availability of sidestream smoking. *Eur Resp J* 2000; 16 (suppl 31): 469.
- Van Hage-Hamsten M, Parvaneh S, Ahlf E, Elfman LHM. A new method for collecting airborne allergens. *Allergy* 2000; 55 (12): 1148-1154.
- Terrés Speziale AM, Olivera VR, Barreda GH. El grupo piocianico y las infecciones intrahospitalarias. *Rev Mex Pat Clin* 1990; 37: 15-19.
- Terrés Speziale AM, Moreno LLC. Infecciones intrahospitalarias por *Candida*. *An Med Hosp ABC* 1990; 35: 1.
- Livanova LM et al. The normalizing effect of air ions on neuroticized rats with different typological behavioral characteristics. *Pavlova* 1995; 45 (2): 402-409.
- Terman M, Terman JS. Treatment of seasonal affective disorder with a high-output negative ionizer. *J Alternat Compl Med* 1995; 1 (1): 87-92.
- Stavrovskaia IG, Sirota TV, Saakian IR, Kondrashova MN. Negative air ions stimulate mitochondria. *Biofizika* 1998; 43 (5): 766-771.
- Tal E, Pfeifer Y, Sulman FG. Effect of air ionization on blood serotonin *in vitro*. *Experienta* (Basel) 1976; 32: 326-327.
- Danon A, Sulman PG. Ionizing effect of winds on serotonin metabolism. *Biometeorology* 1969 (suppl to *Int J Biometeor*): 135-136.
- Behar AJ, Deutch E, Pomerantz E, Pfeifer Y, Sulman FG. Migraine, serotonin and the carotid body. *Lancet* 1979; 1: 550-551.
- Terrés Speziale AM, Méndez MM, Hernández TA, Martínez ME. *Homo longevus*, el paradigma del envejecimiento sano. *Rev Mex Patol Clin* 2005; 52: 27-39.
- Terrés Speziale AM, Méndez MM, Hernández TA, Martínez ME. Contaminación atmosférica e infección respiratoria en la Ciudad de México. *Rev Mex Patol Clin* 1996; 43: 104-112.