

DETERMINACIÓN DE OZONO EN ÁREA DE OZONOTERAPIA Y FUENTE GENERADORA

DETERMINATION OF OZONE IN AN OZONETHERAPY AND OZONE GENERATOR ROOM

Lic. Rita María González Chamorro ¹

Ing. Heliadora Díaz Padrón ²

Lic. Arelis Jaime Novas ³

Lic Pedro Jesús González Almeida ⁴

Téc. Teresa Anceáume Valle ⁵

RESUMEN

Se realizó un estudio higiénico sanitario en una sala de ozonoterapia donde se determinaron las concentraciones de ozono en los puestos de trabajo, contemplando las distintas maniobras operacionales requeridas en cada tratamiento. Paralelo a ello, se evaluó el ambiente alrededor del equipo generador de ozono en sus condiciones normales de trabajo, con sus cargas máxima y mínima que adopta en un proceso de obtención del contaminante y catalización del mismo cuando se encuentra en exceso. Los resultados obtenidos demostraron que el ambiente laboral se contaminaba con los procesos operativos, alcanzando niveles de ozono varias veces por encima de los límites admisibles, estando los valores más altos en las maniobras por la vía rectal y ozonización de la sangre que se aplica en el tratamiento por vía endovenosa. Se demostró que el equipo generador de ozono tiene la hermeticidad diseñada al respecto y no aporta contaminación al exterior. Se emiten recomendaciones para la disminución del riesgo.

Palabras clave: Contaminación ambiental, ozono, evaluación ambiental

ABSTRACT

It was carried out an environmental study in an ozonotherapy room where ozone concentrations in workroom air were determined taking into account several operations required for each treatment. Simultaneously, environment around the ozone generator was evaluated at habitual work conditions. The results demonstrate that the occupational environment was contaminated due to the operative processes. Ozone levels in air were several times the permissible limits. Higher values were found during rectal procedures, as well as during blood ozonotherapy applied by endovenous way. On the other hand, ozone generator is hermetic enough and it does not permit ozone releases to the environment. Recommendations were offered in order to diminish the risk.

Key words: Environmental pollution, ozone, environmental monitoring

INTRODUCCIÓN

El ozono posee propiedades terapéuticas que posibilitan su aplicación en un amplio campo de especialidades médicas y en un gran número de enfermedades de diversas causas, entre las que se destacan la enfermedad cerebrovascular oclusiva, el trastorno de la inmunidad, la hipercolesterolemia, la anemia drepanocítica, la cardiopatía isquémica, la demencia senil, la insuficiencia circulatoria, la artritis reumatoidea, etc.

EL ozono es un gas azul pálido irritante, corrosivo y explosivo a altas concentraciones; tiene un olor característico detectable a 40 µg/m³. Este gas es un birradical libre del oxígeno triatómico y se genera a partir del oxígeno biatómico cuando se expone a una radiación con longitud de onda entre 185 y 210 nm. A escala industrial, se obtiene a partir del oxígeno biatómico por medio de generadores de radiación ultravioleta, o también haciendo pasar aire a través de una descarga eléctrica de alto voltaje ^{1,2}.

Muchos estudios anteriores han indicado claramente que la toxicidad del ozono puede ser explicada en términos de reacciones de radicales libres. Al ozono se le consideran propiedades radiométricas y, por tanto, de inducir la generación de especies reactivas y radicales libres, causando la inducción de aberraciones de cromosomas y facilitando las interacciones con los sistemas de

¹ Licenciada en Química. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT

² Ingeniera química. Máster en Salud de los Trabajadores. Investigadora Auxiliar. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT

³ Licenciada en Ciencias Farmacéuticas. Máster en Química Farmacéutica. Aspirante a Investigadora. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT

⁴ Licenciado en Química. Investigador Agregado

⁵ Técnica de Química Sanitaria. Departamento de Riesgos Químicos. INSAT.

Correspondencia:

Lic. Rita María González Chamorro
Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores
Calzada de Bejucal km 7½, Apartado 9064, CP 10900, Arroyo Naranjo, Ciudad de La Habana, Cuba
E-mail: vhitrab@infomed.sld.cu

defensa antioxidantes. Las reacciones con los ácidos grasos polisaturados en las membranas biológicas, la inducción de la peroxidación lipídica y la salida de metabolitos biológicamente activos como el ácido araquidónico, pueden jugar un papel tanto en la toxicidad citolítica aguda del gas y el desarrollo de la toxicidad crónica, como en la inducción de la inflamación³.

La exposición de animales al ozono causa efectos en la morfología del pulmón y su función, como también inflamación y una resistencia decreciente a los agentes infecciosos. Los efectos del ozono pueden también verse en el timo y en tejidos linfoides después de una severa exposición⁴.

Gardner resume las observaciones en animales, que incluyen los efectos de 3 horas de exposición a niveles de ozono tan bajos como 0,08 ppm, aumentando la susceptibilidad a infecciones pulmonares bacterianas en ratones⁵.

El ozono, a pesar de poseer propiedades terapéuticas, la exposición ocupacional a este gas por encima de los niveles límite admisibles, puede causar los siguientes síntomas: tos, irritación de las vías aéreas altas, cosquilleo en la garganta, malestar en el pecho, dificultad o dolor al inhalar profundamente, falta de aire, sibilante, dolor de cabeza, fatiga, congestión nasal, cambios en el campo visual, lagrimeo, disminución en la frecuencia cardíaca (pulso) y en la presión arterial y dermatitis, entre otros. La dosis de ozono que llega a las vías aéreas depende de la concentración de ozono en el aire inhalado, la duración de la exposición y la rápida ventilación del sujeto. No existen evidencias concluyentes, pero los sujetos jóvenes aparentan ser más sensibles que los sujetos mayores y las mujeres pueden ser más sensibles que los hombres⁶⁻⁸.

Los mecanismos para los efectos inducidos de ozono en la función pulmonar son comprendidos muy pobremente. Parece haber distintos mecanismos envueltos, incluyendo irritación sensorial de las vías aéreas altas, causando la inhibición involuntaria de las profundas inspiraciones, constricción bronquial causada por la estimulación de nervios vagos, y la salida de metabolitos del ácido araquidónico de las células epiteliales u otras células en las vías aéreas bajas⁸.

La genotoxicidad y la carcinogenicidad del ozono han sido investigadas en distintos sistemas experimentales. El ozono es genotóxico a altas concentraciones in vitro, ya que han causado mutaciones, aberraciones de tipo cromátidas, cambios de cromosomas familiares y transformaciones neoplásicas. No existe una evidencia convincente de efectos citogenéticos en linfocitos de animales o humanos expuestos; no obstante, en un estudio se indujeron en el pulmón de rata, que fueron expuestas al ozono en concentraciones de 430 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por 6 horas, aberraciones cromosómicas del tipo cromátidas. La habilidad del ozono para actuar como promotor de tumores ha sido investigada pero no sustanciada⁹.

El Instituto de Investigaciones del Ozono de Cuba ha diseñado un equipo de obtención de ozono (OZOMED 400) para la aplicación de tratamientos a pacientes con diferentes afecciones, por lo que esta investigación fue realizada con el propósito fundamental de evaluar el ambiente

de trabajo, así como el posible escape de contaminante por el equipo al ambiente laboral.

MATERIAL Y MÉTODO

Se efectuó un estudio higiénico sanitario en la sala de ozonoterapia ubicada en el Instituto de Investigaciones del Ozono, donde se realizaron mediciones de las concentraciones de ozono en el aire de los puestos de trabajo existentes. Paralelo a ello, se determinó la concentración del contaminante alrededor del equipo OZOMED 400 en condiciones operacionales normales correspondientes al proceso establecido. Las mediciones ambientales abarcaron el 75 % de la jornada laboral, lo que implicó tomar 30 muestras con intervalo de 30 minutos cada una. Se utilizaron como colectores para el contaminante, dos frascos absorbedores de vidrio en serie rellenos con disolución de absorción de yoduro de potasio 0,06 mol/L, conectados a una bomba de aspiración portátil regulada a un gasto de 1,5 L/min. Para el análisis de las muestras, se empleó un método espectrofotométrico¹⁰; de igual forma, se utilizó este procedimiento en el equipo OZOMED 400, pero como condición ambiental tenía que estar en un medio libre de ozono. Las concentraciones de ozono halladas en el ambiente laboral y alrededor del equipo fueron comparadas con el valor límite establecido (0,2 mg/m^3) en la norma cubana NC 19-01-63¹¹ y por diferentes organizaciones e instituciones foráneas¹²⁻¹⁴.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se reflejan los resultados del muestreo efectuado alrededor del equipo; estas mediciones se realizaron en un área libre de contaminación de ozono y con las alternativas de trabajo de máximo y mínimo del equipo. Como se aprecia, la concentración media general de ozono fue de 0,055 mg/m^3 , valor que resulta menor que el límite máximo de exposición establecido¹¹⁻¹⁴, lo que corrobora que la fuente generadora de ozono no contribuye significativamente a la contaminación del ambiente si las condiciones operacionales se mantienen normales.

La tabla 2 representa las mediciones realizadas en la sala de ozonoterapia, donde fue atendido un total de 78 pacientes, a 49 de los cuales se les aplicó el tratamiento por vía rectal y a 29 por vía intramuscular; además, se ozonizó sangre para el tratamiento por vía endovenosa durante el tiempo que duró la investigación. La concentración media general obtenida fue 0,49 mg/m^3 , cifra que excede en 2,4 veces la concentración máxima admisible. Se observó que en todos los puestos de trabajo las concentraciones de ozono superaban el límite máximo estipulado, al igual que los valores de concentración en los intervalos durante la jornada laboral. Las áreas de trabajo más afectadas fueron los puestos donde las enfermeras se encontraban ejerciendo su labor, y se encontraron niveles de concentración de ozono de hasta 1,73 mg/m^3 , lo que representa 8,6 veces el valor de la concentración máxima admisible.

TABLA 1
RESULTADOS DE LAS MEDICIONES AMBIENTALES DE OZONO ALREDEDOR DEL EQUIPO

LUGAR DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN DE OZONO EN EL AIRE (mg/m ³)	VALORES LÍMITE ADMISIBLES (mg/m ³)
Parte delantera*	0,047	0,2 (NC 19-01-63) ¹¹
Parte posterior**	0,063	0,2 (ACGIH) ¹²
Lateral izquierdo	0,03	0,2 (OSHA) ¹³
Lateral derecho***	0,08	0,2 (NIOSH) ¹⁴
Concentración media: 0,055 mg/m ³		

* Donde se encuentra la salida del gas.

** En el interior del equipo.

*** Donde está situado el catalizador que debe transformar el exceso de ozono generado en oxígeno.

TABLA 2
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS CONCENTRACIONES DE OZONO EN LA ZONA DE TRABAJO DEL LOCAL DE OZONOTERAPIA

PUESTO DE TRABAJO	N	HORA	CONCENTRACIÓN DE OZONO EN EL AIRE (C) (mg/m ³)		VALORES LÍMITE ADMISIBLES (mg/m ³)
			C	Intervalo	
Lateral izquierdo del equipo	6	8:00-1:30	0.36	0.087- 1.40	0,2 (NC 19-01-63) ¹¹
Lateral derecho del equipo	7	7:15- 1:30	0.35	0.15- 0.52	0,2 (ACGIH) ¹²
Número 1 *	6	8:00-1:30	0.46	0.26- 0.62	0,2 (OSHA) ¹³
Número 2 **	7	7:15- 1:30	0.78	0.29- 1.73	0,2 (NIOSH) ¹⁴
			C media: 0.49 mg/m ³		

* Corresponde a la ubicación de la enfermera que se encontraba ejerciendo el servicio en la parte donde estaba el registro de los pacientes (lado izquierdo a partir de la entrada).

** Ubicación de la enfermera en el lado derecho a partir de la entrada.

CONCLUSIONES

1. La fuente generadora de ozono emite contaminante al aire ambiental en niveles que no superan el valor límite admisible.
2. La sobreexposición a ozono detectada en la sala de ozonoterapia fue debida a las maniobras realizadas en las actividades de la terapia por vía rectal y en la ozonización de la sangre para aplicar el tratamiento endovenoso.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de ventilación en la sala de ozonoterapia para rediseñar el sistema existente, de manera que permita una mayor dilución del contaminante en el aire y, por consiguiente, una disminución significativa de la contaminación en esta área.
2. Incorporar al proceso medidas de hermetización, de forma que la manipulación no influya en la contaminación del aire de la zona de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Sundell J, Zuber A. Ozone and other photochemical oxidants in ambient and indoor air - Properties, sources and concentrations. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1996;22. Suppl 3.
2. Oficina Internacional del Trabajo. *Enciclopedia de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo*. v. II. Ginebra: OIT; 1975.

3. Cotgreave I. Absorption and metabolite fate of ozone. *The molecular basis of ozone-induced toxicity*. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1996;22. Suppl 3.
4. Gustafsson EJ, Cotgreave I. Ozone induced toxicity in experimental animals and isolated cell systems. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1996;22. Suppl 3.
5. Mckee DJ, Bachman ID. Air pollution. in: *Patty's industrial hygiene*. 5th ed. v IV. Montreal; 2000. p. 2795.
6. Stellman J. Ozone. In: *Encyclopaedia of occupational health and safety*. 4th ed. v III. Geneva: ILO; 1998. p. 102-13.
7. Lewis JR. *Sax's dangerous properties of industrial materials*. 8th ed. v III; 1992.
8. Bylin G. Controlled human studies of ozone exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1996; v 22. Suppl 3.
9. Health risk evaluation and recommended guideline values for ozone. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 1996; v 22. Suppl 3.
10. Ibarra EJ. *Química sanitaria ocupacional*. Quito: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores - Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social - Universidad de Cuenca; 2000. p. 254-255.
11. Comité Estatal de Normalización. NC 19-01-63. SNPHT. Aire de la zona de trabajo. Niveles límites admisibles de las sustancias nocivas. La Habana: CEN; 1991.
12. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. *Guide to occupational exposure values*. Cincinnati: ACGIH; 1998.

13. Occupational Safety and Health Administration Guide to occupational exposure Values. OSHA; 1998.
14. National Institute for Occupational Safety and Health. Pocket guide to chemical hazards. Cincinnati: NIOSH; 1994.