

Evaluación de la exposición ocupacional a ozono en áreas de ozonoterapia

Evaluation of occupational exposure to ozone in ozone therapy areas

Rita María González Chamorro^{1,2*}  <https://orcid.org/0000-0002-8257-3851>

Heliodora Díaz Padrón^{1,2}  <https://orcid.org/0000-0003-3622-8165>

Luana Argote Ravelo^{1,2}  <https://orcid.org/0000-0002-8009-5497>

Sandra Santana López^{1,2}  <https://orcid.org/0000-0002-4863-928X>

Santiago Álvarez Porben¹  <https://orcid.org/0000-0002-9101-9692>

Marislay Torres Antela³  <https://orcid.org/0000-0002-5927-532X>

Caridad Cabrera Guerra¹  <https://orcid.org/0000-0002-6130-6148>

Lilian Villalba Rodríguez¹  <https://orcid.org/0000-0002-6207-9872>

Nancy Silvia Barroso Sosa¹  <https://orcid.org/0009-0000-7509-3713>

Arelis Jaime Novas^{1,2}  <https://orcid.org/0000-0001-5543-0073>

¹Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores. La Habana, Cuba.

²Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Cuba.

³Facultad de Ciencias Médicas “Julio Trigo López.” La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia: ritamg@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: El empleo del ozono como agente terapéutico es uno de los descubrimientos más notables en la medicina alternativa. A pesar de su extendido uso, es tóxico por vía inhalatoria, la exposición a este gas puede producir, daños de la vía respiratoria superior y del epitelio bronquial.

Objetivo: Evaluar la exposición ocupacional a ozono en áreas de tratamiento de ozonoterapia de La Habana.

Métodos: Estudio exploratorio descriptivo, se estudiaron 21 trabajadores de 16 áreas de tratamiento de ozonoterapia, se les realizaron análisis clínicos, incluyendo ceruloplasmina, además de pruebas funcionales ventilatorias. Se determinaron las concentraciones de ozono en el aire del ambiente laboral en 29 áreas de tratamiento.



Resultados: La insuflación rectal fue la forma de aplicación más utilizada. El 42,8 % refirieron padecer de rinitis alérgica, seguido de gripes frecuentes y de asma bronquial. El 33,3 % de los valores de la ceruloplasmina resultaron alterados. Los resultados de las pruebas funcionales ventilatorias mostraron que el 28,6 % de los trabajadores presentaron patrón obstructivo. En la evaluación ambiental se reportaron 2 centros de salud con concentraciones promedio por encima de los límites admisibles.

Conclusiones: La hipertensión arterial y la rinitis alérgica fueron las patologías más frecuentes. Las cifras de ceruloplasmina alteradas se presentaron en trabajadores con mayor tiempo de exposición. Los trastornos ventilatorios obstructivos observados, coinciden con las patologías respiratorias referidas por los trabajadores. El 93,1 % de los valores de concentración promedio, en el aire de la zona de trabajo, se comportó por debajo de los límites admisibles.

Palabras clave: exposición ocupacional; ozono; ozonoterapia; salud laboral

ABSTRACT

Introduction: The use of ozone as a therapeutic agent is one of the most notable discoveries in alternative medicine. Despite its widespread use, it is toxic by inhalation; exposure to this gas can cause damage to the upper respiratory tract and bronchial epithelium.

Objective: To evaluate occupational exposure to ozone in ozone therapy treatment areas of Havana.

Methods: Descriptive exploratory study, 21 workers from 16 ozone therapy treatment areas were studied, clinical analyzes were performed, including ceruloplasmin, in addition to ventilatory functional tests. Ozone concentrations in the air of the work environment were determined in 29 treatment areas.

Results: Rectal insufflation was the most used form of application. 42.8% reported suffering from allergic rhinitis, followed by frequent flu and bronchial asthma. 33.3% of ceruloplasmin values were altered. The results of the ventilatory functional tests showed that 28.6% of the workers presented an obstructive pattern. In the environmental evaluation, 2 health centers were reported with average concentrations above the admissible limits.

Conclusions: High blood pressure and allergic rhinitis were the most frequent pathologies. The altered ceruloplasmin levels occurred in workers with longer exposure times. The obstructive ventilatory disorders observed coincide with the respiratory pathologies reported by the workers. 93.1% of the average concentration values, in the air of the work area, were below the permissible limits.

Keywords: occupational exposure; ozone; ozone therapy; occupational health



Recibido: 17 de abril de 2023

Aceptado: 20 de octubre de 2023

Editor a cargo: MSc. Belkis Lidia Fernández Lafargue

Introducción

El ozono (O₃) es una sustancia descubierta desde 1785. Es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno de naturaleza inestable, de color azul pálido, olor picante percibido a concentraciones entre 19,63 - 98,16 µg/m³. El ozono se puede producir por tres fuentes fundamentales de energía: electrólisis química, descargas eléctricas y radiaciones de luz ultravioleta. Al ser un gas inestable no puede envasarse ni almacenarse, por tanto, debe usarse de inmediato pues tiene una semivida de 40 min a 20°C.^(1,2,3)

El empleo del ozono como agente terapéutico es uno de los descubrimientos más notables en los últimos años en el campo de la medicina alternativa. La primera constancia bibliográfica del uso en Medicina, data de entre los años 1915-1918, cuando en Alemania se utilizó para la limpieza y desinfección de heridas sépticas durante la Primera Guerra Mundial, a partir de ese momento, poco a poco comenzó a extenderse en diferentes campos de la medicina con buenos resultados.^(4,5)

La ozonoterapia es una terapéutica natural que consiste en la aplicación de una mezcla de Oxígeno y de Ozono con alto grado de eficacia, bajo costo y muy práctica, si se administra de forma correcta y si se dispone de la infraestructura adecuada para su utilización. Puede ser aplicada de manera aleatoria o complementaria a los tratamientos convencionales en diferentes enfermedades, sin consecuencias colaterales, de ahí su importancia y vigencia en la actualidad.⁽⁶⁾

Para que la práctica de la ozonoterapia sea segura se debe usar un generador preciso, manejar dosis, volúmenes y concentraciones exactas y bien definidas, de forma tal que se logre un efecto terapéutico sin toxicidad alguna. Asegurar que el médico tenga una buena formación en la terapia por entidades reconocidas y competentes. Disponer por parte de las autoridades sanitarias las regulaciones que permitan tanto al paciente como al terapeuta recibir y trabajar bajo normas de seguridad.⁽¹⁾

La ozonoterapia está basada en los efectos beneficiosos del gas en el organismo que son muy variados. Existen numerosas evidencias científicas de la utilidad clínica del ozono que se sustentan en los diversos mecanismos de acción. El ozono actúa como antioxidante, inmunomodulador (estimula los glóbulos blancos, aumentando las defensas del organismo ante agresiones externas; además a nivel de los glóbulos rojos se incrementa la liberación de oxígeno generando un mayor transporte de oxígeno a las células mejorando la función celular y la



circulación general), también es un poderoso germicida, elimina hongos, bacterias y virus, estimula la regeneración de tejido, favorece la cicatrización de heridas y lesiones de piel; también ha demostrado efecto sintomático y modificador de la enfermedad en los pacientes con artrosis de rodilla, mejorando el dolor, la función y la rigidez; disminuyendo los marcadores de inflamación^(7,8)

El ozono médico es producido mediante unos dispositivos denominados generadores de ozono. La molécula de ozono, se forma por la unión de una molécula de oxígeno con un átomo libre de oxígeno. Los átomos libres, y consecuentemente el ozono, son el resultado de la disociación de las moléculas de oxígeno cuando éstas se ven sometidas a una fuerte descarga eléctrica de alto voltaje y alta frecuencia.⁽⁹⁾

Las vías de administración del ozono médico son básicamente tres: tópica, infiltrativa y sistémica. Dado el gran número de patologías en las que se utiliza la Ozonoterapia, la vía de administración y la concentración dependerá de la patología y características del paciente.

Actualmente esta terapia es practicada en 42 países, el número de ozonoterapeutas exceden los 26 mil ubicando a Alemania, como el primer país en número de profesionales de la salud que la aplica, seguido por China y Rusia. Cuba fue el primer país latinoamericano en utilizarla cuando en 1986 se creó la primera sala experimental de ozonoterapia, donde se desarrollaron tratamientos para varias enfermedades de importancia social con un enfoque clínico-investigativo. En la década de los años 90, surgió el Centro de Investigaciones del Ozono, como parte del Centro Nacional de Investigaciones Científicas, y se desarrolló una Red Nacional de Ozonoterapia. Actualmente todas las provincias del país disponen de estos servicios como modalidad de la Medicina Natural y Tradicional. La Habana cuenta con áreas de tratamiento de ozonoterapia ubicadas en los centros de salud en la mayoría de los municipios de la provincia.^(10,11,12)

No obstante, a la utilidad terapéutica del ozono, este puede constituir, bajo ciertas condiciones, contaminante del aire en la zona de trabajo e incidir desfavorablemente en la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos. El ozono es tóxico por vía inhalatoria, las características anatómicas y bioquímicas del pulmón lo hacen especialmente sensible al daño oxidativo causado por este gas, el cual es irritante de las membranas de las mucosas de los pulmones, varias investigaciones sugieren que puede causar permanente disminución de la función pulmonar.⁽¹³⁾ En Cuba existe evidencia de un estudio realizado en el 2003 donde se realizó un monitoreo ambiental en un área de tratamiento de ozonoterapia, los resultados arrojaron valores de concentraciones por encima de los niveles límites admisibles, pero hasta el momento no se han realizado trabajos que nos den a conocer el estado de salud de los trabajadores, así como ningún indicador específico que pueda ser utilizado para el monitoreo biológico de los trabajadores expuestos.⁽¹⁴⁾



La exposición a este gas, puede desencadenar la liberación endógena de mediadores de la inflamación, produciendo irritación ocular, daño de la vía respiratoria superior y del epitelio bronquial. Existe relación entre la dosis recibida de ozono y el grado de lesión epitelial. Las células alveolares tipo I son susceptibles a la mayoría de sus efectos y pueden sufrir necrosis y/o apoptosis (muerte celular programada o provocada), mientras que las de tipo II, son más resistentes y proliferan incluso durante la exposición continua a este gas. Finalmente, como consecuencia del daño, puede producir enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y edema de pulmón.⁽¹⁵⁾

En la bibliografía consultada se reporta un estudio donde relacionan la ceruloplasmina (enzima protectora contra la lesión oxidante directa del pulmón) con el daño oxidativo pulmonar que provoca la exposición a ozono.⁽¹⁶⁾

Las pruebas funcionales ventilatorias (PFV) fueron utilizadas en el estudio para determinar si los trabajadores expuestos presentan deterioro en la función pulmonar. Dentro de estas técnicas, la espirometría constituye una técnica básica e imprescindible para el diagnóstico temprano de enfermedades respiratorias, así como para su seguimiento y control.⁽¹⁷⁾

Ante el reconocimiento de la vulnerabilidad de los trabajadores de salud expuestos, en su mayoría enfermeras, que brindan tratamientos de ozonoterapia con una amplia demanda asistencial por los beneficios que implica para los pacientes, aquejados de diversas patologías, se prevé un incremento en su utilización, por lo que se hace necesario evaluar la exposición ocupacional a ozono y su incidencia en la salud de los trabajadores de áreas de tratamiento de ozonoterapia, siendo este el objetivo general de este trabajo.

Métodos

Se realizó un estudio exploratorio descriptivo, mediante la realización de un monitoreo biológico y un monitoreo ambiental.

En el monitoreo biológico se estudiaron 21 trabajadores que laboran en 16 áreas de tratamiento de 14 centros de salud, pertenecientes a los municipios Plaza, 10 de octubre, Cerro, Boyeros, Lisa, San Miguel del Padrón y Cotorro. Se tuvieron en cuenta las variables, edad, sexo, años de exposición, antecedentes patológicos personales y síntomas referidos.

Se realizó el monitoreo ambiental en 20 centros de salud que cuentan con 29 áreas de tratamiento, ubicados en los municipios Plaza, 10 de Octubre, Cerro, Boyeros, Lisa, Marianao, Cotorro, San Miguel del Padrón, Centro Habana y Playa, en el resto de los municipios existían problemas con el equipamiento, o el personal y/o la



preparación de los locales destinados para ese fin. Se tuvieron en cuenta una serie de variables que pudieran influir en los resultados de algunos parámetros determinados, las variables analizadas fueron: vías de administración, cantidad de pacientes atendidos, tipo de equipo generador utilizado y mantenimiento del mismo, tipo de ventilación en el local y existencia o no de extractor.

En el caso del monitoreo biológico no se pudo completar el estudio al personal de los 20 centros de salud, como fue realizado en el monitoreo ambiental, por presentar problemas en la asistencia de los mismos a los chequeos médicos en el Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores (INSAT).

La información obtenida fue recogida en tablas de vaciamiento de datos, con los que se creó una base de datos en el sistema *IBM SPSS* versión 22, los mismos fueron procesados utilizando los estadígrafos del programa.

Las determinaciones biológicas se realizaron mediante la obtención y codificación de las muestras de sangre periférica tomadas en el laboratorio clínico del INSAT, por parte de un técnico acreditado para estos fines. Los sueros se conservaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su procesamiento.

Al personal estudiado se les realizaron exámenes de laboratorio, dentro de estos se incluyeron: hematocrito, leucograma, velocidad de sedimentación; glicemia, ácido úrico, creatinina, colesterol, triglicéridos, lipoproteína de alta densidad (HDL), lipoproteína de muy baja densidad (VLDL), lipoproteína de baja densidad (LDL), según los métodos establecidos en los Laboratorios Clínicos, la ceruloplasmina, se realizó por espectrofotometría visible, según la técnica de *Ravin* modificada, con un rango de valores normales de 0,2 - 0,5 g/L.⁽¹⁸⁾

Fueron realizadas también pruebas funcionales ventilatorias (PFV) utilizando un espirómetro portátil marca *DATOSPIR-TUCH* de la compañía *Sibelmed SA* del 2015, según los criterios de estandarización de la Sociedad Americana de Tórax (ATS, por sus siglas en inglés).

Las valoraciones de los resultados de las pruebas funcionales ventilatorias se agruparon en las siguientes categorías teniendo en cuenta los valores predichos y el límite inferior de normalidad: Patrón normal, trastorno ventilatorio obstructivo (leve, moderado o severo), trastornos ventilatorio restrictivo, trastorno ventilatorio mixto.⁽¹⁹⁾ Estos resultados se obtienen por ecuaciones de regresión que están elaboradas sobre la base del sexo, edad, talla, y grupo étnico de cada trabajador, datos que se recogen en la ficha epidemiológica.

Se tomaron un total de 105 muestras en el aire del ambiente laboral en las 29 áreas de tratamiento, abarcando toda la jornada de aplicación de los tratamientos y en condiciones normales de trabajo. Las muestras fueron ubicadas alrededor del equipo generador de ozono, de la camilla y en mesas auxiliares, buró de la enfermera, archivos, etc., las cuales fueron promediadas como muestras tomadas en el local.



Como colector del contaminante, se utilizaron frascos absorbedores de vidrio rellenos de solución de absorción, conectados a bombas personales de aspiración con baterías recargables (reguladas a un flujo menor de 1 L/min). Las muestras fueron trasladadas y analizadas en el laboratorio de Riesgos Químicos del INSAT empleando espectrofotometría UV-Visible según NC 19-01-28:1982. Aire de la zona de trabajo. Determinación de ozono.⁽²⁰⁾ Los valores obtenidos se compararon con las concentraciones promedio admisibles (CPA) reportada en la NC 872: 2011.⁽²¹⁾

Resultados y Discusión

Dada la complejidad de los resultados y para facilitar su comprensión, el colectivo de autores decidió informar los resultados del estudio y su discusión de forma conjunta.

En cuanto a la caracterización de los trabajadores estudiados expuestos ocupacionalmente a ozono prevalecieron los grupos etarios de 45-49 y más de 60 años con un 33,3 y 23,8 % respectivamente. El sexo femenino representó el 95,2 % del total, lo que se corresponde con lo esperado, ya que el ozono es aplicado generalmente por el personal de enfermería, profesión ejercida históricamente en su mayoría por mujeres, dato reflejado en el anuario estadístico del Ministerio de Salud Pública del 2021.⁽²²⁾ El nivel educacional estuvo representado por 91 % de universitarios y 9 % de nivel medio. Todos los trabajadores estudiados pertenecen a la categoría ocupacional de técnicos, en cuanto a los años de exposición de 5-8 años representó el 38,1 % y menor de 5 años el 33,3 %.

En la tabla 1 se reflejan los antecedentes patológicos personales (APP). El 52,4 % y el 19 % refirieron padecer de hipertensión arterial y diabetes mellitus, patologías de alta incidencia en la población cubana. Se encontró un 42,8 % con rinitis alérgica, 28,6 % refirieron gripes frecuentes, 24 % asma bronquial y 19 % bronquitis crónica.

Tabla 1. Antecedentes patológicos personales referidos por los trabajadores de las áreas de ozonoterapia de La Habana

Antecedentes patológicos	Frecuencia	%
No refiere	4	19,0
Hipertensión arterial	11	52,4
Rinitis alérgica	9	42,8
Gripes frecuentes	6	28,6



Asma bronquial	5	24,0
Bronquitis crónica	4	19,0
Diabetes mellitus	4	19,0

Hay trabajadores con más de un antecedente.

Fuente: Base de datos de la investigación.

Estos resultados son similares a los obtenidos en diversas investigaciones revisadas sobre los efectos adversos derivados de la exposición ocupacional a ozono en la industria. Olin y otros, en estudios realizados en plantas de pulpa, que emplean el ozono como agente blanqueador, concluyeron que los trabajadores del blanqueado contra grupo control mostraron aumento de síntomas respiratorios y asma. Se observaron tendencias crecientes estadísticamente significativas entre los trabajadores blanqueadores para la rinitis, las sibilancias, el asma de inicio en la edad adulta y los síntomas actuales de asma a medida que aumentaba la exposición.^(23,24,25) En estas investigaciones, las patologías respiratorias encontradas en los trabajadores expuestos a ozono, coinciden con las referidas en el presente estudio. Altas concentraciones de ozono, largas exposiciones temporales y exhaustivos grados de actividad física durante la exposición causan graves efectos en la salud, tales como: disminución de la función pulmonar, agravamientos asmáticos, falta de aliento, dolor de pecho en respiraciones profundas, respiración silbante y tos, esto sucede porque el ozono hace que las personas sean más susceptibles a los alérgenos, agentes que provocan los ataques de asma, también reduce la capacidad del sistema inmunológico para defender al sistema respiratorio de las infecciones bacterianas. Otros efectos severos para los asmáticos son función pulmonar reducida y la irritación provocada al sistema respiratorio.⁽²⁶⁾

Hoffman y otros, concluyeron que la exposición aguda a altos niveles de ozono aumenta el riesgo de la rinitis no infecciosa en los trabajadores del blanqueado.⁽²⁷⁾

Otros estudios realizados por Henneberger y otros, demuestran que los trabajadores del blanqueado de papel que han estado expuestos repetidamente a picos elevados de ozono, tienen una mayor prevalencia de asma, incrementándose la incidencia de sibilancia.⁽²⁸⁾

En base a los escasos estudios encontrados, el ozono es una sustancia química que ha sido poco investigada en el ámbito laboral, es difícil fijar en términos cuantitativos la relación entre la exposición a ozono y los problemas de salud derivados de esta, no obstante, las evidencias encontradas sugieren que exposiciones máximas a este contaminante suponen un riesgo de patologías respiratorias en los trabajadores expuestos.

En las investigaciones clínicas se encontraron las siguientes patologías: hiperuricemia, hipercolesterolemia e hipertrigliceridemia en 4 trabajadores que representan un 19 %; 9 trabajadores con dislipidemias para un 42,8



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

%, correspondiéndose con patologías frecuentes en la población cubana. Se encontraron 7 trabajadores con anemia que fueron remitidos a consulta especializada.

En la tabla 2 se reflejan los síntomas más frecuentes, los cuales fueron, la tos con un 47,6 %, la falta de aire 33,3 %, cefalea 28,6 % y la expectoración con 14,3 %. Por otra parte, en este estudio se observó que el 14,3 % de los trabajadores son fumadores, de más de 20 años y consumen bebidas alcohólicas ocasionalmente. Está bien documentado que la exposición prolongada al humo de tabaco constituye un riesgo asociado a patologías respiratorias que unido a la exposición a este contaminante pudiera tener un efecto sinérgico. ⁽²⁹⁾ Sin embargo, en un estudio antes referido no se encontró relación estadística significativa entre los soldados expuestos a gases de ozono y los no expuestos con respecto a factores como el tabaquismo y la edad. ⁽¹⁵⁾

Tabla 2. Síntomas referidos de los trabajadores estudiados

Síntomas referidos	Frecuencia	%
Tos	10	47,6
Falta de aire	7	33,3
Cefalea	6	28,6
Expectoración	3	14,3

Hay trabajadores con más de un síntoma.

Fuente: Base de datos de la investigación.

Del total de pacientes estudiados el 66,7 % presentaron valores normales de ceruloplasmina, el 33,3 % alterados; de ellos los grupos de más de 20 años en el puesto de trabajo presentaron la mayor prevalencia en las alteraciones de la enzima protectora contra las lesiones oxidante del pulmón. (tabla 3).

Tabla 3. Comportamiento de la ceruloplasmina por años en el puesto trabajo, áreas de tratamiento de ozonoterapia de La Habana

Antigüedad en el puesto de trabajo (años)	Ceruloplasmina ^(*)				Total	
	Normal		Alterado			
	No	%	No	%	No	%
Menor de 5	6	42,9	1	14,3	7	33,3

5-9	7	50,0	1	14,3	8	38,1
15-20	1	7,1	1	14,3	2	9,5
20-25	0	0,0	2	28,6	2	9,5
Mas 25	0	0,0	2	28,6	2	9,5
Total	14	66,7	7	33,3	21	100,0

(*) Los porcentajes de las columnas se reflejaron con respecto al total de cada una ellas.

Fuente: Base de datos de la investigación.

Resultados similares fueron obtenidos por Pierre y otros, quienes evaluaron la exposición continua a ozono en soldadores con arco de aluminio a través de la determinación de cobre en suero y ceruloplasmina como medida del efecto biológico de exposición en tres grupos de obreros. Los casos, integrados por dos grupos de soldadores, uno en atmósfera confinada, el otro en atmósfera no confinada y los “controles”, constituidos por obreros de la misma planta no expuestos a humos de soldadura. La comparación de los resultados para los tres grupos, mostró una disminución significativa ($p < 0,01$) de la ceruloplasmina en los soldadores en atmósfera confinada pero dentro de los valores de referencia. Los autores refieren una relación lineal entre la concentración de ceruloplasmina y el tiempo de trabajo acumulado a lo largo de la semana. Este efecto podría ser una señal de una reacción pulmonar contra la actividad oxidante en este tipo de exposición profesional.⁽¹⁶⁾

En cuanto a los resultados obtenidos en las pruebas funcionales ventilatorias el 71,4 % presentaron patrón normal, solo 6 de los trabajadores estudiados (28,6 %) presentaron patrón obstructivo, de ellos 4 leves (19 %), moderado y severo 1 cada uno (4,8 %), estos últimos coinciden con aquellos que refirieron en sus antecedentes patológicos personales asma bronquial y/o bronquitis crónica. No se encontró patrón restrictivo ni mixto (tabla 4).

Tabla No 4. Resultados de la PFV según la presencia de APP

Resultado de PFV	Grado de severidad	Antecedentes patológicos ^(*)				Total	
		Referidos		No referidos		No	%
		No	%	No	%		
Normal		3	33,3	12	100	15	71,4
Obstructiva	Leve	4	44,4	0	0	4	19,0

	Moderado	1	11,1	0	0	1	4,8
	Severo	1	11,1	0	0	1	4,8
Total		9	42,8	12	57,2	21	100,0

(*) Los porcentajes de las columnas se reflejaron con respecto al total de cada una ellas.

Fuente: Base de datos de la investigación.

Aunque no se pueden relacionar las alteraciones de las pruebas funcionales ventilatorias con la exposición a ozono, estudios realizados por Stepnewskiet y otros en un estudio en soldadores, concluyeron que el 32 %, presentaban obstrucción de la vía aérea, mientras en los controles tal hallazgo clínico se observó en un 20 %.⁽³⁰⁾

Hartmann y otros, realizaron un estudio cuasi experimental en un grupo de trabajadores que fue expuesto a humos de soldadura de aluminio y soldadura de zinc, observando, una disminución ligera de la función pulmonar que pudo atribuirse a la exposición al ozono.⁽³¹⁾

Según Metha y otros, en su estudio los trabajadores del blanqueado de papel expuestos a ozono tienen mayor prevalencia de bronquitis crónica evidenciando patrón obstructivo; mientras que un estudio realizado en Turquía, 2005, en soldadores, que durante el proceso de soldadura estuvieron expuestos a gases tóxicos, incluyendo ozono, óxidos nitrosos y desechos de carbono, se encontró que la relación del volumen espiratorio forzado (VEF₁)/capacidad vital forzada (CVF) en un segundo y en los cuatros niveles de espiración forzada eran significativamente menores en los expuestos que en los controles ($p < 0,05$).⁽³²⁾

Arias y otros,⁽¹⁵⁾ en su investigación, hacen referencia a dos resultados relacionados con la exposición ocupacional a ozono. En uno de ellos los trabajadores expuestos a niveles altos de ozono tenían VEF₁ significativamente menor que los controles, pero no se encontró diferencia significativa con respecto a la CVF ($p = 0,007$). En el otro se constató que la tasa de disminución del VEF₁/CVF fue mayor para los trabajadores expuestos a altas concentraciones de ozono, sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($p = 0,19$).

Las vías de administración del ozono en las áreas estudiadas fueron rectal, rectal combinada con bolsa, rectal combinada con intramuscular, paravertebral, intradiscal y endovenosa. La insuflación rectal, ya sea sola o combinada, fue la forma de aplicación más utilizada, representando 75,9 %. Investigaciones revisadas refieren que esta es la vía más inocua, económica y fácil de aplicar. En Cuba, es la técnica más usada y factible, para alcanzar resultados rápidos y efectivos en las patologías más comunes del cuadro de salud, como las enfermedades osteomioarticulares, las del tracto intestinal, trastornos vasculares, y procesos degenerativos relacionados con la edad.⁽³³⁾



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En cuanto a la evaluación ambiental realizada en las diferentes áreas de tratamiento según vías de administración, predominó el rango de 10-50 pacientes atendidos, lo que representó el 55,2 %. El 82,8 % de las áreas estudiadas cuentan con equipo generador de ozono modelo OZOMED *Plus*, el cual es un modelo nuevo con un grupo de mejoras tecnológicas que lo hacen más fácil de manipular y con mayor seguridad ante posibles fugas comparado con equipos de generaciones anteriores. A pesar que las áreas de ozonoterapia deberían mantenerse a una temperatura controlada de 15-30 °C, para lograr un buen funcionamiento y conservación de los equipos generadores, la ventilación natural combinada con la artificial (ventilador) fue la que más predominó con 27,6 %. Es importante destacar que para este tipo de trabajo se necesita un sistema de climatización con los recambios de aire que permitan la entrada de aire al local y la salida del aire contaminado al exterior. De las áreas estudiadas solo el 13,8 % poseía extractor de ozono, el resto 86,2 % no lo tenía.

Solo una de las clínicas cumplía con el plan de mantenimiento especializado y recalibración del equipo generador, el cual se recomienda que deba realizarse entre 6 y 12 meses de uso, según sea su explotación.

Teniendo en cuenta las concentraciones obtenidas en las diferentes áreas de tratamiento según las vías de administración, podemos plantear que no se obtuvieron concentraciones de ozono alteradas ni en camilla ni en el local, sin embargo, alrededor del equipo se alcanzaron concentraciones por encima del límite admisible estipulado, esto influyó en un aumento del valor de las concentraciones promedio calculadas en algunas de las áreas.

En la tabla 5, al analizar las concentraciones promedio obtenidas en las diferentes áreas de tratamiento, podemos observar que en dos de las áreas estudiadas (6,9 %), las concentraciones se comportaron por encima de los valores límites admisibles establecidos en la NC 872:2011⁽²¹⁾ y en los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España.⁽³⁴⁾ En el Centro de Salud No 9, se obtuvo una concentración promedio de 0,210 mg/m³, lo que representa 1,05 veces por encima del valor registrado en la norma de referencia (0,2 mg/m³), esto pudiera deberse al tipo de procedimiento aplicado (rectal combinado con bolsa), donde en el tratamiento de bolsa existe una mayor manipulación de la enfermera, teniendo en cuenta que se utilizan medios inadecuados, como son: mangueras improvisadas que pueden no poseer el diámetro que ajuste en el orificio de salida del gas, bolsas no herméticas, que no son diseñadas para este tipo de tratamiento, además de otros factores que influyen de manera general en todos los tratamientos, tales como: el mal diseño del local, la ausencia de sistema de extracción y escasa ventilación (ventilador). En esta área la enfermera cuenta con experiencia de 7 años en la aplicación de este tipo de tratamiento.

En la consulta externa del Centro de Salud No. 12 se reportó una concentración promedio de 0,417 mg/m³, lo que constituye 2,10 veces por encima del nivel límite admisible reportado en las normas, al igual que en el caso



anterior no podemos aseverar, pero apreciamos que el equipo generador de ozono es antiguo, lo que contribuye a que puedan existir desgastes en las válvulas que provoquen salideros durante los procesos de manipulación de carga del gas, la ausencia de sistema de extracción y escasa ventilación (solo poseen ventilación natural) también puede haber incidido en el resultado obtenido. La enfermera cuenta, al igual que en el caso anterior, con experiencia en la aplicación del tratamiento.

En cuanto a los valores de concentración obtenidos en las muestras tomadas alrededor del equipo podemos destacar que el 89,3 % se encontraron dentro de los niveles límites admisibles establecidos. El 10,7 % de las mismas superaron, en dos de los casos 2 veces y en un caso 5,1 veces, el límite admisible reportado en la NC 872: 2011.⁽²¹⁾ Dos de los cuales fueron explicados anteriormente; en el otro caso del área perteneciente al Centro de Salud No 10 se obtuvo una concentración alrededor del equipo de $0,40 \text{ mg/m}^3$, en esta área laboran 2 enfermeras de forma conjunta administrando ozono rectal, esto provoca que exista una mayor manipulación durante el proceso de carga y descarga del medicamento; otro factor importante que puede haber influido en esta área, es que fueron atendidos más de 100 pacientes durante toda la jornada laboral, además de los problemas de ventilación detectados en la mayoría de las áreas estudiadas.

En dos de los centros de salud No 6 y No 13, se obtuvieron concentraciones alrededor del equipo con cifras iguales al límite admisible ($0,2 \text{ mg/m}^3$), aunque no excedieron el valor normado, este resultado se considera un signo de alerta para reforzar la vigilancia y el cumplimiento de las normas de seguridad.

En el caso del centro de salud No 18, consideramos que para la cantidad de pacientes atendidos (3), las concentraciones ($0,12 \text{ mg/m}^3$), aunque se comportaron por debajo de los límites establecidos superan aquellos centros que atienden entre 50-100 pacientes diarios. Si aumentaran los pacientes en una cifra mayor podrían elevarse sus valores. Esto puede deberse a que poseen un equipo antiguo que pudiera tener problemas en su hermeticidad (tabla 5).

Tabla No 5. Concentraciones de ozono obtenidas en los puntos de monitoreo y concentración promedio en las áreas de tratamiento.

Centros de salud	Áreas de tratamiento, según vías de administración	Concentración (mg/m^3)				CPA
		Equipo	Camilla	Local	Promedio	
Centro de Salud 1	Paravertebral	0,010	0,008	0,010	0,009	0,20

	Rectal	-	0,020	0,020	0,020	mg/m ³
	Intradiscal	0,010	-	0,010	0,010	
Centro de Salud 2	Rectal	0,030	0,030	0,010	0,023	
Centro de Salud 3	Rectal	0,003	0,002	0,002	0,002	
	Endovenoso	0,002	0,020	0,002	0,008	
Centro de Salud 4	Rectal combinada con intramuscular	0,010	0,010	0,010	0,010	
Centro de Salud 5	Paravertebral	0,004	-	0,003	0,004	
Centro de Salud 6	Paravertebral	0,20	0,030	0,020	0,083	
Centro de Salud 7	Rectal	0,020	0,020	0,020	0,020	
Centro de Salud 8	Rectal	0,060	0,050	0,030	0,047	
Centro de Salud 9	Rectal	0,080	0,100	0,080	0,087	
	Rectal combinada con bolsa	0,420	0,150	0,050	0,210	
Centro de Salud 10	Rectal	0,130	0,030	0,020	0,060	
	Rectal	0,030	0,020	0,020	0,023	
	Rectal	0,40	0,020	0,020	0,147	
Centro de Salud 11	Rectal	0,010	0,024	0,020	0,018	
Centro de Salud 12	Rectal combinada con bolsa	0,060	0,022	0,010	0,031	
	Rectal	1,020	0,10	0,130	0,417	
Centro de Salud 13	Rectal	0,013	0,011	0,010	0,011	
	Rectal combinada con	0,20	0,084	0,040	0,108	

	intramuscular				
Centro de Salud 14	Rectal	0,010	0,005	0,004	0,006
Centro de Salud 15	Paravertebral	0,010	0,008	0,006	0,008
Centro de Salud 16	Rectal	0,012	0,005	0,003	0,007
	Rectal	0,004	0,006	0,002	0,004
Centro de Salud 17	Rectal	0,020	0,018	0,020	0,019
Centro de Salud 18	Rectal	0,120	0,120	0,10	0,113
Centro de Salud 19	Rectal	0,110	0,080	0,060	0,083
Centro de Salud 20	Rectal	0,040	0,040	0,030	0,037

Fuente: Base de datos de la investigación

Conclusiones

En la evaluación a los trabajadores expuestos a ozono predominó el sexo femenino, los mayores de 45 años, y en los antecedentes patológicos personales, la hipertensión arterial y la rinitis alérgica fueron las patologías más frecuentes. Se apreciaron alteraciones en los resultados de ceruloplasmina en los trabajadores con mayor tiempo de exposición y los trastornos ventilatorios obstructivos observados, coinciden con las patologías respiratorias referidas por los trabajadores.

En la evaluación ambiental en las áreas de ozonoterapia no se encontró una homogeneidad en cuanto a las condiciones de trabajo estudiadas, teniendo en cuenta factores como: climatización, ventilación, número de pacientes atendidos, tipos de equipos, planes de calibración y mantenimiento. A pesar de no existir las condiciones idóneas en las áreas monitoreadas el 93,1 % de los valores de concentración promedio se comportaron por debajo de los límites admisibles establecidos.

Referencias bibliográficas

1. Padilla EM, Sueiro I, Quintero I, Domínguez C, Hernández AB, Ercia LE. Usos terapéuticos del ozono en los servicios de salud. Rev Cubana de Medicina Natural y Tradicional. 2016 [acceso 14/07/2020];1(1).
 Disponible en: <https://revmnt.sld.cu/index.php/rmnt/article/view/17/36>



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

2. Arévalo LF. Actualización en ozonoterapia y su aplicación sanitaria. [disertación de tesis]. Facultad de enfermería de Valladolid. Universidad de Valladolid. 2020. Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/41904/TFG-H1870.pdf>
3. Mordecai B. The history of ozone. The schönbein period, 1839-1868. Bull Hist Chem. 2001[acceso 14/07/2020];26(1):40-56. Disponible en: http://acshist.scs.illinois.edu/bulletin_open_access/v26-1/v26-1%20p40-56.pdf
4. Sagai M, Bocci V. Mechanisms of Action Involved in Ozone Therapy: Is healing induced via a mild oxidative stress? Medical Gas Research. 2011 [acceso 24/09/2020];1(1):1-18. Disponible en:
<https://medicalgasresearch.biomedcentral.com/articles/10.1186/2045-9912-1-29>
5. Informe de evaluación de tecnología sanitaria rápida en la unidad de análisis y generación de evidencias en salud pública. Serie evaluación de tecnología sanitaria n° 06-2019. Uso de ozonoterapia en salud. 2019 [acceso 24/09/2020]. Disponible en: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/11/1129777/ets-06-2019_ozonoterapia.pdf
6. Benitez CE, Alberteris RA, Rodríguez HR. Ozonoterapia rectal en pacientes con osteoartritis. Revista cubana de medicina. 2020 [acceso 14/09/2023];59(1). Disponible en:
<https://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/1323/1579>
7. Torres EL. Estudio clínico de eficacia y tolerancia del ozono en afecciones venolinfáticas. Revista Española Ozonoterapia.2016 [acceso 12/09/2021];6(1):41-50. Disponible en:
<http://revistaespañoladeozonoterapia.es/index.php/reo/article/viewFile/86/83>
8. Fernández-Cuadros ME, Pérez-Moro O, Albaladejo-Florin MJ, Álava-Rabasa S. El ozono intrarticular modula la inflamación, mejora el dolor, la rigidez, la función y tiene un efecto anabólico sobre la artrosis de rodilla: estudio cuasiexperimental prospectivo tipo antes-después, 115 pacientes. Rev. Soc. Esp. del dolor. 2020; 27(2). DOI: <https://dx.doi.org/10.20986/resed.2020.3775/2019>
9. Vidal SS. Hermosilla GT. Efectividad clínica de las intervenciones con ozono. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía; Madrid: Informes, estudios e investigación 2008 Ministerio de Sanidad y Consumo; ISBN: 978-84-96990-13-5. Disponible en:
https://www.aetsa.org/download/publicaciones/antiguas/AETSA_2006-27_Ozonoterapia.pdf
10. Méndez CC. Efectos del ozono en un modelo experimental de fibrosis pulmonar inducida con bleomicina [Tesis Doctoral]. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; 2015. (material impreso)
11. Quintero MR, Schwartz A. Ozonoterapia y legislación. Análisis para su regularización. Revista Española de Ozonoterapia. 2012;2(1):5-49. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3915831>



12. La ozonoterapia en Cuba. Infomed. 2019 [acceso 22/11/2022]. Disponible en:
<https://instituciones.sld.cu/cimeq/2019/12/01/la-ozonoterapia-en-cuba/>
13. Yang Q, Chen Y, Shi Y, Burnett RT, McGrail KM, Krewski D. Association Between Ozone and Respiratory Admissions Among Children and the Elderly in Vancouver, Canada. *Inhal Toxicol.* 2003;15(13):1297-1308. DOI: <https://doi.org/10.1080/08958370390241768>
14. González RM, Díaz H, Jaime A, González PJ, Anceáume T. Determinación de ozono en área de ozonoterapia y fuente generadora. *Rev cuban salud trabajo.* 2003 [acceso 22/11/2022];4(1-2):29-32. Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/rst/vol8_1_07/rst10_107.pdf
15. Arias-Hualpa MA, Leal-Padín MA, Pérez-Alemán AI. Efectos adversos derivados de la exposición ocupacional a ozono industrial. *Med Secur Trab.* 2015;61(238):125-38. DOI:
<http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2015000100011>
16. Pierre F, Baruthio F, Diebold F, Wild P, Goutet M. Decreased serum ceruloplasmin concentration in aluminum welders exposed to ozone. *Int Arch Occup Environ Health.* 1988;60(2):95-7 DOI:
<https://doi.org/10.1007/BF00381487>
17. Puente L, García de Pedro J. Las pruebas funcionales respiratorias en las decisiones clínicas. *Arch Bronco Neumol.* 2012 [acceso 20/09/2020];48(5):161- 9. Disponible en: <https://www.archbronconeumol.org/es-las-pruebas-funcionales-respiratorias-decisiones-articulo-S0300289612000117>
18. Grueiro A. E, Esquenazi M. S, Grueiro Y. V. Ceruloplasmina, técnica modificada. *Rev Cub Med.*1985 [acceso20/09/2020];24(6):609-21. Disponible en:
<https://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/2184/1779>
19. Álvarez S, González A, Valdivieso JP, Santana S. Valores de referencia de las variables espirométricas en trabajadores cubanos supuestamente sanos. *Rev. Fac. Med.* 2018;66(2):179-85. DOI:
<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n2.63571>
20. Oficina Nacional de Normalización. Normas Cubanas (NC) 19-01-28: 1982. Aire de la zona de trabajo. Determinación de ozono. La Habana; 1982. (material impreso)
21. Oficina Nacional de Normalización. Normas cubanas (NC) 872: 2011 Seguridad y Salud en el Trabajo- Sustancias Nocivas en el Aire de la Zona de trabajo-Evaluación de la Exposición Laboral-Requisitos Generales. La Habana; 2011. (material impreso)
22. Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticos de Salud. Anuario Estadístico de Salud 2021. La Habana, 2022. Disponible en: <https://files.sld.cu/dne/files/2022/10/Anuario-Estadistico-de-Salud-2021-Ed-2022.pdf>



23. Olin AC, Ljungkvist G, Bake B, Hagberg S, Henriksson L, Toren K. Exhaled nitric oxide among pulp mill workers reporting gassing incidents involving ozone and chlorine dioxide. *Eur Respir J.* 1999;14(4):828-31. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.1999.14d18.x>
24. Olin AC, Granung G, Hagberg S, Adriansson M, Brisman J, Dalander O, et al. Respiratory health among bleachery workers exposed to ozone and chlorine dioxide. *Scand J Work Environ Health.* 2002 [acceso 22/11/2022];28(2):117-23. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/11351449_Respiratory_health_among_bleachery_workers_exposed_to_ozone_and_chlorine_dioxide
25. Olin AC, Andersson E, Andersson M, Granung G, Hagberg S, Torén K. Prevalence of asthma and exhaled nitric oxide are increased in bleachery workers exposed to ozone. *Eur Respir J.* 2004;23(1):87-92. DOI: <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00044402>
26. Delgado JM. Efectos del ozono y dióxido de nitrógeno en Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea. 2005 [acceso 22/12/2021]:49-79. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10539/capitulo2.pdf>
27. Hoffman CD, Henneberger PK, Olin AC, Mehta A, Torén K. Exposure to ozone gases in pulp mills and the onset of rhinitis. *Scand J Work Environ Health.* 2004;30(6):445-9. DOI: <https://doi.org/10.5271/sjweh.833>
28. Henneberger PK, Olin AC, Andersson E, Hagberg S, Torén K. The incidence of respiratory symptoms and diseases among pulp mill workers with peak exposures to ozone and other irritant gases. *Chest.* 2005;128(4):3028-37. DOI: <https://doi.org/10.1378/chest.128.4.3028>
29. Cardentey GJ. El tabaquismo: un flagelo nocivo para la humanidad. *Rev Arch Med Camagüey.* 2016 [acceso 22/12/2021];20(2):114-7. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v20n2/amc020216.pdf>
30. Stepniewski M, Kolarzyk E, Pietrzycka A, Kitlinski M, Helbin J, Brzyszczyk K. Antioxidant enzymes and pulmonary function in steel mill welders. *Int J Occup Med Environ Health.* 2003 [acceso 22/12/2021];16(1):41-7. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/10795059_Antioxidant_enzymes_and_pulmonary_function_in_steel_mill_welders/link/0c96051c9ca9bbf073000000/download
31. Hartmann L, Bauer M, Bertram J, Gube M, Lenz K, Reisinger U, et al. Assessment of the biological effects of welding fumes emitted from metal inert gas welding processes of aluminium and zinc-plated materials in humans. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2014;217(2):160-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.04.008>



32. Mehta AJ, Henneberger PK, Torén K, Olin AC. Airflow limitation and changes in pulmonary function among bleachery workers. Eur Respir J. 2005;26(1):133-9. DOI: <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00083604>
33. Kindelan LK; Jay CB; Miranda MJ. Buenas prácticas clínicas de enfermería en la aplicación de ozonoterapia en pacientes con afecciones crónicas. Rev Cubana Enfermer. 2016 [acceso 22/11/2022];32(4). Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192016000400006
34. Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/2927460/LEP-2022.pdf>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Rita María González Chamorro; Arelis Jaime Novas, Heliadora Díaz Padrón.

Curación de datos: Rita María González Chamorro; Arelis Jaime Novas.

Investigación: Rita María González Chamorro, Arelis Jaime Novas, Heliadora Díaz Padrón, Luana Argote Ravelo, Sandra Santana López, Santiago Álvarez Porben, Marislay Torres Antela, Caridad Cabrera Guerra, Lilian Villalba Rodríguez, Nancy Silvia Barroso Sosa.

Metodología: Rita María González Chamorro, Arelis Jaime Novas, Heliadora Díaz Padrón, Luana Argote Ravelo, Sandra Santana López, Santiago Álvarez Porben, Marislay Torres Antela,

Administración de proyecto: Rita María González Chamorro

Visualización: Rita María González Chamorro, Arelis Jaime Novas

Redacción del borrador original: Rita María González Chamorro, Arelis Jaime Novas

Redacción, revisión final: Rita María González Chamorro, Arelis Jaime Novas, Heliadora Díaz Padrón.

