

# Efecto sobre la resistencia de las vías aéreas durante el uso de mascarillas para filtrar contaminantes del aire

Alicia Rojas González \*  
José Pérez Neria ‡

**Palabras clave:** Mascarilla facial, resistencia de vías aéreas, filtración de contaminantes, exposición a contaminantes, salud ambiental.

**Key words:** Facial mask, airway resistance, air pollution filtration, air pollution exposure, environmental health.

## RESUMEN

**Introducción:** Se evaluó la eficacia para evitar la inhalación de ozono en dos tipos de mascarillas: *International Centrum Corporation Mask, ICC*, y *Greenscreen Antipollution Mask, GA*.

**Material y métodos:** Se colocó la mascarilla entre dos compartimientos de los cuales, en el primero se generó 0.60 a 0.66 partes por millón de ozono. Se hizo circular el aire del primero al segundo compartimiento y se midió el ozono en el segundo compartimiento contralateral. Como controles, se probaron también un cubreboca tipo quirúrgico y un pañuelo desechable de papel. A continuación medimos la resistencia adicional producida por el empleo de las mascarillas. Para ello, a 13 voluntarios se les determinó la resistencia específica al flujo del aire en las vías aéreas, en tres condiciones: sin mascarilla, con la *International Centrum*

*Corporation Mask* y con la *Greenscreen Antipollution Mask*.

**Resultados:** Se demostró que ambas mascarillas, el cubreboca y el pañuelo fueron igualmente eficientes para eliminar el ozono. Las mascarillas elevaron considerablemente la resistencia al flujo del aire: promedio sin mascarilla, 0.29 kilopascales/segundo; con la *International Centrum Corporation Mask*, 1.05 kilopascales/segundo; y con la *Greenscreen Antipollution Mask*, 2.96 kilopascales/segundo.

**Conclusiones:** Es recomendable usar un pañuelo o un cubreboca para evitar la inhalación de concentraciones elevadas de ozono, ya que el uso de mascarillas aumenta considerablemente el costo y la resistencia específica al flujo del aire en las vías aéreas y, su utilización representa un gasto innecesario y un riesgo en los enfermos con problemas respiratorios obstructivos.

## ABSTRACT

**Introduction:** The efficiency to avoid breathing ozone was evaluated with two facial masks: *International Centrum Corporation Mask*, (ICC) and *Greenscreen Antipollution Mask* (GA).

**Material and methods:** Each mask was placed between two chambers; in the first, 0.60 to 0.66 ppm of ozone were generated. Air circulated from the first to the second chamber and ozone was measured in the second contra lateral chamber. Controls were a surgical mask and a disposable handkerchief. Subsequently, the additional resistance produced by the use of the ICC and GA was

\* Departamento de Fisiología Pulmonar, INER.

‡ Jefe del Departamento de Investigación en Salud Ambiental, INER.

## Correspondencia:

Dr. José Pérez Neria, Departamento de Investigación en Salud Ambiental. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias. Calzada de Tlalpan 4502, colonia Sección XVI. México, D.F. 14080, Fax: 56 65 46 23

E-mail: pereneri@infosel.net.mx

Trabajo recibido: 07-III-01; Aceptado: 26-III-01

**measured. Specific airway resistance sRaw was measured in thirteen volunteers under three different conditions: without facial mask, with the ICC and with the GA.**

**Results:** The two facial masks, the surgical mask and the disposable handkerchief were equally efficient to eliminate ozone. The masks increased the sRaw substantially; average with no mask was 0.29 kilopascals/sec; with the ICC, 1.05 kilopascals/sec; with the GA, 2.96 kilopascals/sec.

**Conclusions:** It is recommended to use a disposable handkerchief or surgical mask to filter ozone polluted air because facial masks increase the cost and the sRaw considerably and impose a risk on patients with obstructive respiratory problems.

## INTRODUCCIÓN

Dos compañías privadas de Estados Unidos requerían el permiso y el aval de la Secretaría de Salud para vender, en sitios estratégicos de la ciudad de México, mascarillas diseñadas para proteger a la población del aire contaminado. Las empresas solicitantes eran la *International Centrum Corporation Mask* (ICC, por sus siglas en inglés) y la *Greenscreen Antipollution Mask* (GA, por sus siglas en inglés).

Se inquirió al Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), si estas mascarillas protegían al usuario de la inhalación de ozono.

Una gran variedad de dispositivos destinados a filtrar el aire contaminado han sido probados con la intención de evaluar su capacidad protectora en diferentes ambientes.

En algunos casos por supuesto, la utilización de mascarillas faciales son indispensables. Durante el ataque terrorista en el Metropolitano de la ciudad de Matsumoto, Japón, con gas sarin (isopropilmetylfosfofluoridato) el 27 de junio de 1994, el uso de mascarillas faciales salvó muchas vidas<sup>1</sup>. En esta situación es indiscutible que su indicación es inobjetable. También es obligatorio el empleo de estos dispositivos en ambientes industriales en los cuales hay el riesgo de exposición a aerosoles orgánicos o inorgánicos, peligrosos por su naturaleza o su grado de toxicidad o concentración<sup>2</sup>. Por otra parte, Trimble<sup>3</sup> resalta la importancia del uso de mascarillas en incendios originados en accidentes de aviación.

En lo que se refiere a la exposición a partículas en el ambiente urbano, Zayed y colaboradores<sup>4</sup> en estudios realizados en taxistas en la ciudad de Toronto, reportan su eficacia para filtrar partículas de manganeso. Asimismo, McCullough y colaboradores<sup>5</sup> estudiaron la protección en contra de bacterias aerosolizadas en los circuitos de los ventiladores mecánicos, encontrando que los dispositivos aprobados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de Estados Unidos en ambientes en los cuales se aerosolizaron *Mycobacterium abscessus*, *Staphylococcus epidermidis* y *Bacillus subtilis*, calificaron satisfactoriamente. Resultados similares son reportados por Vesley<sup>6</sup>.

Crouch y colaboradores<sup>7</sup> reportan la emisión de N<sub>2</sub>O por pacientes en consultorios dentales, ocasionada por fugas en las mascarillas.

Por otra parte, se han hecho estudios para evaluar la efectividad de mascarillas para proteger contra inhalación de partículas menores de 2.5 micras de diámetro aerodinámico. A su vez, Myojo y colaboradores<sup>8</sup> evaluaron mascarillas para protegerse de la exposición a aerosoles de cloruro de sodio y polvo de cuarzo, en partículas aerosolizadas de 2 micras de diámetro obteniendo resultados aceptables en todas ellas. Asimismo, observaron mayor penetración del aerosol de cloruro de sodio en comparación al de cuarzo.

Harber y colaboradores<sup>9</sup> valoraron la distribución del flujo nasal-oral durante el uso de mascarillas. Observaron que cuando la presión al final de la espiración alcanzaba 10 cm H<sub>2</sub>O la respiración oral se incrementaba a expensas de la nasal.

Entre otros inconvenientes del empleo de mascarillas podemos mencionar los reportes de Pope y colaboradores<sup>10</sup>, quienes comunicaron el desarrollo de urticaria facial en algunos sujetos después de 8 horas de uso continuo de mascarillas de caucho. Mauritson-Sandberg<sup>11</sup> evaluó el uso de mascarillas protectoras en 160 niños y, observó mayor grado de ansiedad y de dificultades para la comunicación verbal en relación con lo observado previamente en estudios realizados en adultos. Resultados similares reportan Johnson y colaboradores<sup>12</sup>, quienes en otro estudio<sup>13</sup> hacen referencia a la sudoración facial causada por el uso de mascarillas de caucho, la cual determinaron como promedio 0.2 gramos de sudor por minuto al cabo de hora y media del uso de la mascarilla, siendo mayor en hombres que en mujeres.

Otro aspecto que hay que tomar en consideración es la disminución en la agudeza visual reportada por varios investigadores, entre ellos los mismos Johnson y colaboradores<sup>14</sup>.

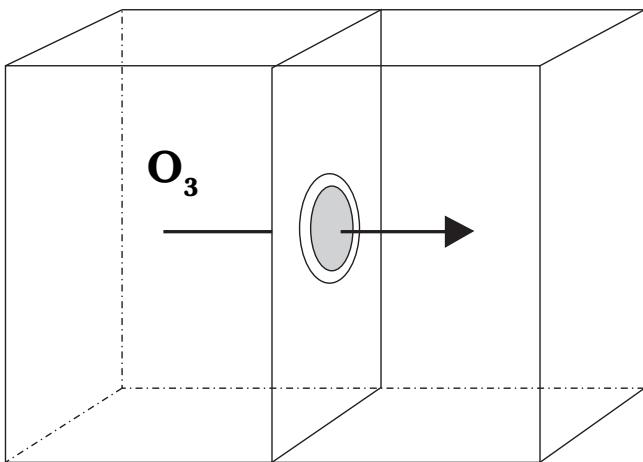
Rivera y colaboradores<sup>15</sup> enfocan su estudio de mascarillas al aspecto económico y mencionan haber obtenido los mismos resultados en cuanto a protección de trabajadores de hospitales cambiando las mascarillas por implementos faciales de precio módico con un ahorro sustancial de 25 dólares/día a 13 dólares/día.

A nosotros nos preocupó la posible carga adicional al trabajo respiratorio (WB, por sus siglas en inglés) durante el uso de estas mascarillas, lo cual significaría un riesgo en personas con problemas obstructivos respiratorios; así, decidimos además de evaluar su eficacia para filtrar el ozono, comparar la resistencia de las vías aéreas usando un cubreboca y usando las mascarillas.

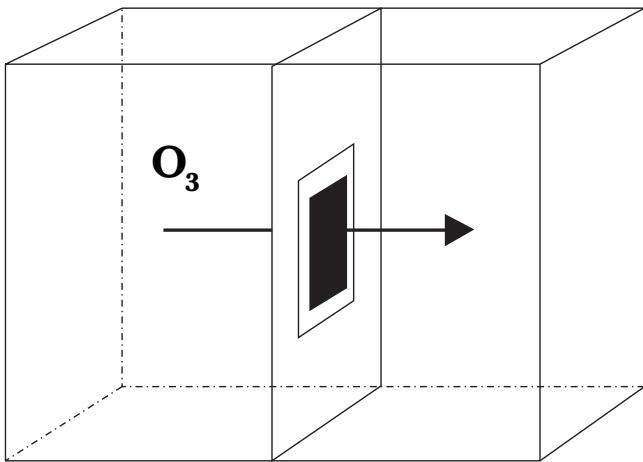
## MATERIAL Y MÉTODOS

La evaluación de las mascarillas se desarrolló primeramente solicitando la colaboración del Departamento de Servicios Generales y posteriormente del Departamento de Fisiología Pulmonar del INER.

Se construyó una caja cerrada de plástico dividida en el medio por una lámina del mismo material, de tal manera que tuviera dos compartimientos iguales (Figura 1). En el centro de la lámina divisoria se practicó un orificio del tamaño y forma de las mascarillas a fin de que se pudieran fijar en el mismo. Al primer compartimiento se le hizo un



**Figura 1.** Dispositivo utilizado para evaluar la eficacia de las mascarillas ICC y GA.



**Figura 2.** Dispositivo para evaluar la eficacia de los cubrebocas.

orificio y al compartimiento contralateral dos orificios a través de los cuales se pasaron tubos de polivinilo.

Se colocó la mascarilla ICC en el orificio entre los dos compartimientos y mediante el tubo de polivinilo se introdujo ozono en el primer compartimiento, hasta alcanzar una concentración entre 0.6 y 0.66 ppm (partes por millón). El ozono fue producido por un generador de ozono. Se conectó una bomba de succión al compartimiento contralateral para circular el aire a través de las mascarillas a un flujo de 4 L/s. Simultáneamente se midió la concentración de ozono en el compartimiento contralateral. Para ambos procedimientos se utilizó un analizador-generador de ozono marca Dasibi modelo 1008-PC, con rango 0.01 a 1 ppm.

A continuación consideramos importante investigar qué sucedía si en lugar de las mascarillas se utilizaba un cubreboca de cirujano y un pañuelo desechable. Para ello se colocó el cubreboca y luego el pañuelo desechable en

el orificio entre los dos compartimentos, repitiendo el procedimiento de la misma manera que se había realizado para evaluar las mascarillas (Figura 2).

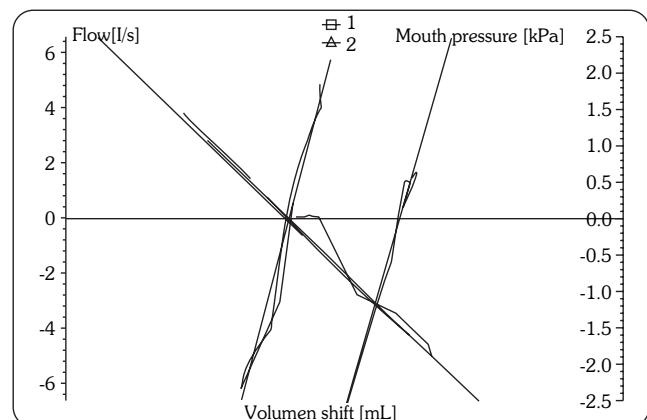
Consideramos importante medir la resistencia que las dos mascarillas oponían al flujo del aire en las vías aéreas, es decir la carga adicional al trabajo que se utiliza para respirar.

Se midió la resistencia específica al flujo del aire en las vías aéreas (sRaw) en 13 voluntarios sin las mascarillas y empleando ambas, la ICC y la GA.

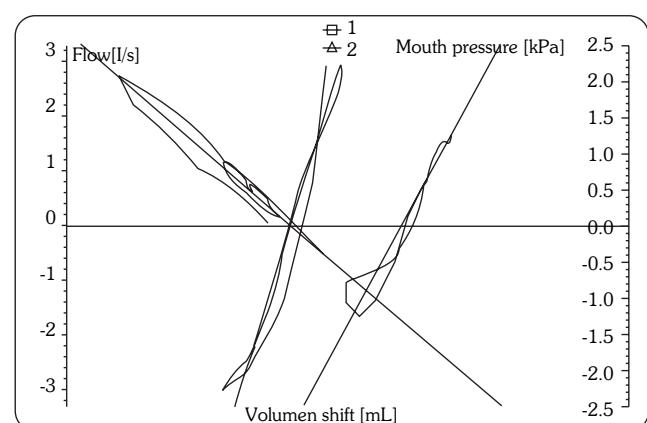
Para medir la sRaw se utilizó un pleismógrafo Jaeger, modelo Labmaster, con el cual se midieron, además, otros parámetros de la mecánica de la ventilación pulmonar en 13 voluntarios, mediante la técnica habitual.

## RESULTADOS

Se observó que la concentración de ozono del otro lado de la mascarilla ICC, apenas alcanzaba a registrar trazos de este elemento. Además, esta concentración era similar a la de la habitación. Esta observación indicaba que la mas-



**Figura 3.** Ejemplo del registro de la sRaw en el voluntario No. 8. Trazo 1 sin cubreboca y trazo 2 con cubreboca.



**Figura 4.** Ejemplo del registro de la sRaw en el voluntario No. 8. Trazo 1 sin mascarilla y trazo 2 con la mascarilla ICC.

rilla había evitado el paso del ozono de uno a otro compartimiento. El mismo resultado se obtuvo cuando se utilizó la mascarilla GA.

En cuanto a los resultados obtenidos tanto con el cubreboca como con el pañuelo desechable, estos fueron similares a los que se observaron cuando se emplearon las mascarillas.

Por último, los resultados más significativos se observaron en las determinaciones de la sRaw: sin mascarilla el promedio fue 0.29 kilopascales por segundo. Como ejemplo se muestran los trazos basal y con el cubreboca registrados en el voluntario número 8, (Figura 3).

Con la mascarilla ICC el promedio resultó 1.05 kilopascales por segundo. Es decir, se observó un incremento de 362% en comparación a la medición anterior. Como ejemplo se muestran los trazos basal y con la mascarilla ICC registrados, en el voluntario 8, (Figura 4).

Con la mascarilla GA el promedio de la sRaw fue 2.96 kilopascales por segundo. El incremento fue de 1057% comparado con la determinación sin mascarilla.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Debido a la extrema inestabilidad del ozono producido *in situ* por el generador, bastó un pañuelo desechable para eliminarlo. Con base en esto, consideramos que es suficiente colocar un pañuelo en nariz y boca para evitar su inhalación cuando se reporten niveles elevados de este contaminante.

Como comentario independiente, hay que tomar en cuenta que en la ciudad de México se excede la concentración señalada por la norma para exteriores que es de 0.11 ppm promedio en una hora, entre las 11 y las 16 horas prácticamente todos los días del año.

Así, esta recomendación de cubrirse nariz y boca, se aplicaría a personas que permanezcan en el exterior en ocasión de un reporte superior a 0.22 ppm de ozono que, corresponde aproximadamente a 200 puntos de la escala del IMECA.

En resumen, el empleo de cualquiera de estas mascarillas incrementa considerablemente la resistencia de las vías aéreas, lo cual es particularmente desfavorable para los niños, los ancianos y las personas con enfermedades pulmonares de tipo obstructivo.

Con fundamento en la información bibliográfica, el uso de las mascarillas es recomendable exclusivamente en locales industriales o en sitios en los cuales se concentran

partículas suspendidas en el aire, como por ejemplo en minas, en donde ya se ha demostrado plenamente su utilidad.

## REFERENCIAS

- Okudera H, Morita H, Iwashita T, Shibata T, Otagiri T, Kobayashi S, et al. *Unexpected nerve gas exposure in the city of Matsumoto report of rescue activity in the first sarin gas terrorism*. Am J Emerg Med 1997; 15: 527-528.
- Deschamps FJ, Turpin JC. *Methyl bromide intoxication during grain store fumigation*. Occup Med 1996; 46: 89-90.
- Trimble EJ. *The management of aircraft passenger survival in fire*. Toxicol 1996; 115: 41-61.
- Zayed J, Mikhail M, Loranger S, Kennedy G, L'Esperance G. *Exposure of taxi drivers and office workers to total and respirable manganese in an urban environment*. Am Industr Hyg Assoc J 1996; 57: 376-380.
- McCullough NV, Brosseau LM, Vesley D. *Collection of three bacterial aerosols by respirator and surgical mask filters under varying conditions of flow and relative humidity*. Ann Occup Hyg 1997; 41: 677-690.
- Vesley DL. *Respiratory protection devices*. Am J Infect Contr 1995; 23: 165-168.
- Crouch KG, Johnston OE. *Nitrous oxide control in the dental operatory: auxiliary exhaust and mask leakage, design, and scavenging flow rate as factors*. Am Industr Hyg Assoc J 1996; 57: 272-278.
- Myojo T, Sugimoto M. *Equivalent diameter of standard quartz dust used as a test aerosol for the dust respirator*. Indust Health 1996; 34: 217-225.
- Harber P, Beck J, Luo J. *Study of respirator effect on nasal-oral flow partition*. Am J Industr Med 1997; 32: 408-412.
- Pope RW, Hill JC, Blaskis MG. *Contact urticaria to the M17 protective mask*. Military Med 1995; 160: 536-537.
- Mauritzson-Sandberg E. *An evaluation of respiratory protective devices use in children's evacuation*. Ergonomics 1995; 38: 707-713.
- Johnson AT, Dooly CR, Blanchard CA, Brown EY. *Influence of anxiety level on work performance with and without a respirator mask*. Am Industr Hyg Assoc J 1995; 56: 858-865.
- Johnson AT, Scott WH, Coyne KM, Sahota MS, Benjamin MB, Rhea PL, et al. *Sweat rate inside a full-facepiece respirator*. Am Industr Hyg Assoc J 1997; 58: 881-884.
- Johnson AT, Dooly CR, Sahota MS, Coyne KM, Benjamin MB. *Effect of altered vision on constant load exercise performance while wearing a respirator*. Am Industr Hyg Assoc J 1997; 58: 578-582.
- Rivera P, Louther J, Mohr J, Campbell A, DeHovitz J, Sepkowitz KA. *Does a cheaper mask save money? The cost of implementing a respiratory personal protective equipment program*. Infect Control Hosp Epidemiol 1997; 18: 24-27.