

Pekín 2008. ¿Juegos Olímpicos verdes?

Legido Díez, J. C.; Ruiz Caballero, J. A.; Brito Ojeda, E. M.^a; Navarro García, R.; Navarro Valdivieso, M. E.

Departamentos de Ciencias Médicas y Quirúrgicas y Departament de Educación Física.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Introducción

Desde la celebración de los llamados primeros juegos olímpicos verdes en la ciudad Noruega de Lillehammer en el año 1994, el COI ha establecido como uno de los requisitos más importantes para celebrar dichos juegos olímpicos, que el proyecto presentado tenga el medio ambiente como uno de sus pilares fundamentales, la preocupación del COI por la defensa del medio ambiente comienza a materializarse en el año 1995 con la creación de la comisión para el deporte y el medio ambiente. Dicha comisión redacta en el año 2005 el Manual sobre deporte y medio ambiente, que se convierte en la bibliografía básica en materia de protección medioambiental en grandes eventos deportivos. El COI ha redactado otros documentos sobre el mismo tema, siendo de obligada mención la Agenda 21 del movimiento olímpico, redactada y presentada en el año 1999, y que inspira todos los documentos posteriores. Esta agenda es una adaptación de las premisas que durante la cumbre de la tierra de Río de Janeiro en 1992 fueron consideradas claves para alcanzar el desarrollo sostenible. Por medio de la redacción de estos dos documentos, el COI intenta concienciar a los potenciales organizadores de juegos olímpicos para que sus futuros proyectos otorguen al medio ambiente la importancia que merece.

Dentro de los requisitos ambientales básicos para la organización de unos Juegos Olímpicos, se encuentra la calidad del aire. Los bajos niveles de contaminación atmosférica, son uno de los caracteres

ambientales que más preocupa a la sociedad en general y al COI en particular, especialmente ahora, cuando tan próximos se encuentran los juegos de Pekín 2008.

“Los responsables olímpicos están que no saben que hacer para contener los elevados índices de polución en la ciudad, uno de los grandes quebraderos de cabeza en la preparación de los juegos” (20minutos.es. 20/8/2007).

“Jaques Rogge recordó que la calidad del aire en la capital china era el principal tema de inquietud del COI, a pesar de las garantías de los organizadores, que aseguraron que los atletas podrían competir bajo un cielo azul” (AFP 8/8/2007).

“Cuando falta poco más de un año para los JJOO de 2008 –se inician el 8 de Agosto del año que viene– aumentan las críticas sobre problemas organizativos, la contaminación y el tráfico, pero Pekín sigue confiado en que todo se resolverá a tiempo y los primeros juegos chinos serán un éxito” (Eurosport 6/8/2007).

Cada día que pasa hacia la fecha de la inauguración de los que serán los XXIX Juegos Olímpicos, el 8 de Agosto de 2008, recortes de prensa como los aquí citados son desgraciadamente cada vez más frecuentes. La capital china pasa por ser una de las ciudades del planeta con mayores problemas de contaminación atmosférica, y parece probable que pese a los esfuerzos realizados, finalmente esos altos niveles de contaminación, provoquen problemas a los deportistas que competirán en las diferentes pruebas de los juegos. Es objetivo de este trabajo analizar, en la medida

de lo posible, cual es la situación actual de la contaminación atmosférica en la ciudad de Pekín, su evolución, y como los contaminantes presentes pueden afectar a la salud de los deportistas presentes en este evento.

Contaminación. Definición y preocupación del movimiento olímpico

Es obligado dar en primer lugar una definición de contaminación. La definición siguiente, es la que encontramos en el Manual sobre deporte y medio ambiente del COI.

Contaminación se define por la presencia de gases nocivos, partículas y sustancias sólidas y/o líquidas, o cantidades excesivas de ciertos compuestos naturales en la atmósfera, el agua y la tierra. La contaminación puede afectar a actividades económicas, degradar ecosistemas y sus recursos naturales, dañar la salud humana y destrozarse la belleza de los paisajes.

Una vez dada esta definición de contaminación, trataremos de clarificar cual es exactamente la preocupación del COI sobre este tema, y sus directrices para solucionarlo; para ello acudiremos a los documentos anteriormente citados, la Agenda 21 del movimiento olímpico y el manual de Medio Ambiente del COI.

Dentro del artículo 1.6. “Salud y seguridad” se dice que la práctica de deporte al aire libre se ve afectada por las malas condiciones medioambientales, por ejemplo, hacer jogging en ciudades contaminadas por el smog, y señala como posibles fuentes de problemas para la salud

la mala calidad del aire, englobando en ella el smog fotoquímico y las altas concentraciones de ozono, entre otras.

Es en el artículo 3.2.9. de la Agenda 21 del COI, es donde se da la primera pauta al recomendarse la minimización de todas las formas de polución, especialmente la polución acústica. Esta sencilla referencia, fue con posterioridad ampliada en el Manual de Medio Ambiente, donde ya se expresan medidas y requisitos específicos para lograr unos juegos olímpicos verdes. En el artículo 2.5.4. “Eventos deportivos a gran escala: Recomendaciones específicas” dentro de su apartado C) “Transporte y calidad del aire” afirma que debe establecerse un plan de calidad del aire global para la región donde se celebra el evento, e incluye en ese plan las siguientes acciones:

- Supervisar las emisiones.
- Animar a los mayores emisores de contaminación aérea, incluyendo a los servicios públicos, a llevar a cabo acciones para reducir sus emisiones antes del evento.
- Establecer estrategias para la gestión de la energía.
- Animar a los operadores de las flotas de transporte a emprender acciones para la reducción de las emisiones.
- Colaborar con las autoridades municipales para reducir el tráfico.

En el artículo 3.2. Requisitos medioambientales para los juegos olímpicos, se habla de las buenas prácticas medioambientales y se

afirma que es necesario promover los esfuerzos destinados a la protección de los hábitats y la biodiversidad, minimizar el consumo de recursos no renovables, minimizar emisiones y contaminaciones, y contribuir a elevar la sensibilidad y la preocupación por el medio ambiente. El COI recomienda prestar especial atención a la gestión de aguas residuales y residuos sólidos, al consumo de energía, la calidad del agua y del aire, con el fin de elevar los estándares de salud medioambiental, y preservar la salud y el bienestar de los atletas y el público.

Como puede observarse, la preocupación del COI por la calidad del aire es grande, pero... ¿Es justificada la preocupación del COI por la calidad del aire de Pekín? Múltiples estudios han descrito la relación entre contaminación atmosférica y actividad física, por ejemplo, en las conclusiones del estudio “Air Pollution and Physical Activity: Examination of Toronto Air Data to Guide Public Advice on Smog and Exercise” de 2003 se afirma que los efectos adversos sobre la salud de la contaminación atmosférica, pueden ser mayores si se realiza ejercicio físico intenso al aire libre, debido al incremento de la exposición a los contaminantes, provocado por el aumento de la cadencia respiratoria que se da en el ejercicio intenso. Si sumamos a las conclusiones de este estudio, los datos aportados en “Urban air Pollution” (Worldbank.com, 2004), encontramos, que en muchas ciudades chinas la calidad del aire es muy pobre,

causando incluso pérdidas económicas debido a enfermedades de los trabajadores relacionadas con la contaminación atmosférica. Como puede comprobarse en la tabla 1, la concentración de partículas en suspensión en la ciudad de Pekín en el año 1995, era hasta 4 y 5 veces superior que en algunas ciudades europeas, y en cualquier caso, se encontraba muy por encima de los 90 microgramos por metro cúbico/año, que era el máximo recomendado por la organización mundial de la salud en 1995, (actualmente dicho máximo se ha rebajado hasta los 20 microgramos por metro cúbico/año para partículas de 10 micrómetros, y hasta los 10 microgramos por metro cúbico/año para las partículas de 2,5 micrómetros).

Por todo lo expuesto anteriormente, puede deducirse fácilmente de donde provienen las reservas del COI. No obstante, mucho camino ha sido recorrido desde que Pekín fuera elegida sede de los Juegos de 2008, y el gobierno chino ha realizado grandes esfuerzos, tanto económicos como de concienciación, para revertir la situación, pero existen aun varias preguntas: ¿cuáles son los principales contaminantes con los que se encontrarán los deportistas olímpicos?; ¿cuáles son sus efectos en la salud del deportista de elite?. Y sobre todo, ¿cuál es la situación actual de la contaminación atmosférica en Pekín?

La contaminación atmosférica

Antes de comenzar a hablar sobre los contaminantes atmosféricos,

País	Ciudad	Población (miles)	PS (microgramos por metro cúbico)
Brasil	Sao Polo	16.533	86
Alemania	Berlín	3317	50
India	Calcuta	11.923	375
Suecia	Estocolmo	1545	9
China	Pekín	11.299	377

Tabla 1

Concentración de partículas en suspensión en algunas de las ciudades más grandes del mundo en 1995.

(Extraída de *Urban air Pollution*. Wordbank.com, 2004)

y sus efectos sobre la salud del deportista, es necesario concretar primero qué son el aire y la contaminación atmosférica.

Los filósofos griegos, Empédocles y Aristóteles consideraban el aire como uno de los cuatro elementos básicos (Aire, agua, tierra y fuego), con lo que todos los demás elementos naturales podían formarse; no fue hasta después del siglo XVII, con el auge del método experimental, que se definió el aire como una mezcla de gases en vez de cómo una sustancia única. (D.S Barth et al.,1977) El aire es un elemento indispensable para la vida formado por la mezcla de muchos gases; algunos de ellos se consideran como parte integrante de la atmósfera, porque siempre están en ella en proporción fija con respecto al volumen total de gas. Otros se encuentran en proporción muy variable, tanto en el tiempo como en el espacio (véase tabla 2).

Esta definición actual del aire como mezcla de gases, cobra importancia en tanto el término contaminación atmosférica fue definido por el consejo de Europa en su informe de 14 de Septiembre de 1967 como “La presencia en el aire de una sustancia extraña o una variación significativa en la proporción de sus constituyentes, susceptible de provocar un efecto perjudicial o de crear una molestia, teniendo en cuenta los conocimientos del momento”. En España, la Ley 38/1972, de 22 de Diciembre, de

protección del ambiente atmosférico (BOE nº. 309, de 26 de Diciembre) define la contaminación atmosférica de la siguiente manera “la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza”. (A. Sierra López et al, 1990).

Como se puede comprobar, estas definiciones de contaminación atmosférica han sido dadas ya en el siglo XX, puesto que con anterioridad poco o nada se sabía al respecto. Varios autores como D.S. Barth y A. Sierra López, señalan el principio del siglo XIX como el momento en que comienzan a considerarse seriamente los efectos sobre la salud, de los contaminantes atmosféricos, siendo el humo el primer contaminante que atrajo la atención, debido a la alta demanda del carbón como sustituto de la madera.

En el día de hoy, existen leyes sobre contaminación atmosférica en la mayoría de los países, siendo identificados en ellas varios tipos de contaminantes diferentes, como aquellos cuyas emisiones y concentraciones requieren de un especial control, como ejemplo podemos citar el resumen del anexo 3 del Decreto de 6 de Febrero de 1975 de desarrollo de la ley del ambiente atmosférico de 1972 de la legislación española, que hace el profesor Ramón Martín Mateo en su libro *Manual de derecho ambiental*

(Martín Mateo, R. 1998), en el que se señalan los siguientes compuestos como contaminantes atmosféricos:

- Anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre (SO₂).
- Monóxido de Carbono (CO).
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x).
- Hidrocarburos.
- Partículas en suspensión.

Por supuesto, dependiendo de su legislación, cada país controla una serie de contaminantes, y China no es una excepción. El gobierno chino promulgó en 1996 la Ambient Air Quality Standards, que fija límites de concentración para cuatro contaminantes, que son, con la excepción de los hidrocarburos, los mismos que se contemplan en el antes citado anexo 3, del Decreto de 6 de Febrero de 1975, de desarrollo de la ley del ambiente atmosférico de 1972 de la legislación española, con la excepción de los hidrocarburos; son por tanto estos últimos cuatro contaminantes, aquellos que centrarán nuestra atención como posibles agentes dañinos para el deportista olímpico de Pekín 2008.

Los principales contaminantes atmosféricos en Pekín 2008

El dióxido de azufre (SO₂)

Es uno de los contaminantes más importantes, y sobre el se basan muchos de los sistemas de control de la contaminación puesto que su presencia indica, de forma indirecta, la existencia de otros contaminantes como el humo. (Martín Mateo, R. 1998). Es un líquido de aspecto aceitoso, incoloro, volátil a temperatura ambiente, soluble en agua y de olor sofocante. Se produce al quemar azufre o calentar los sulfuros metálicos. Puede obtenerse industrialmente a través de la anhídrita. Muy corrosivo, se oxida con catalizadores metálicos a trióxido de azufre (SO₃), y en contacto con el agua se hidrata a ácido sulfuroso (H₂SO₃). La quema de combustibles fósiles con

Componente	Volumen de aire seco (%)
Nitrógeno	78,084
Oxígeno	20,946
Argón	0,934
Neón	0,00182
Helio	0,000524
Metano	0,000154
Criptón	0,000114
Hidrógeno	0,00005

Tabla 2

Concentración relativa de los principales gases que componen la atmósfera. (Extraída de *Contaminación atmosférica*. A. Sierra López et al. 1990)

alto contenido en azufre (normalmente en forma de H₂S) forma dióxido de azufre, que, excepto si se emplean métodos de eliminación, pasa a la atmósfera. El dióxido se oxida espontáneamente a SO₃, y éste, en contacto con el agua atmosférica, forma ácido sulfúrico, siendo el principal responsable de las lluvias ácidas. Este problema ambiental no ha podido ser resuelto hasta el momento, en las centrales térmicas por carbón, que son las más importantes emisoras de este tóxico. Además de emplearse para la fabricación del ácido sulfúrico por oxidación catalítica del SO₂, algunos usos importantes del SO₂ son, la manufactura de bisulfitos, conservante de alimentos vegetales; estabilizante de vinos; desinfectante; pesticida; blanqueante de alimentos, fibras y papel; disolvente no acuoso; agente refrigerante, fabricación de vidrio sulfatado etc. (Ladrón de Guevara J., Moya Pueyo V. 1995).

El monóxido de carbono (CO)

El monóxido de Carbono es el gas que más frecuentemente genera problemas tóxicos, tanto en la población común, como profesional con riesgo específico. Sus variadas fuentes de emisión, y el hecho de que sea incoloro, inodoro e insípido, favorece las intoxicaciones accidentales. Es probablemente uno de los primeros tóxicos generados por la actividad humana, y también quizá el primero cuyos riesgos se han conocido. Aparece además con relativa frecuencia en cuadros mortales.

Su fórmula es CO y aparece como producto de la combustión incompleta de compuestos de carbono (en déficit de oxígeno). Tiene carácter reductor y se comporta como una base débil de Lewis. En presencia de Oxígeno se oxida espontánea y lentamente a CO₂. Su densidad es de 0,967, y es tan altamente difusible, que llega a atravesar incluso láminas de hierro calentadas al rojo. Tiende a acumularse en zonas altas. Es poco soluble en agua (25cc/L). Arde con llama azul

(2,2 Kcal/Kg), y en determinadas proporciones puede formar mezclas explosivas con el aire. Gracias a sus características de reducción de óxidos metálicos, suele emplearse en la metalurgia extractiva.

El empleo de derivados del petróleo o carbón como combustible de motores, calefacciones, para la generación de vapor, etc., son importantes emisores de monóxido. También en los incendios se emiten grandes cantidades de CO, y de hecho, es mayor el número de accidentados que mueren intoxicados, que quemados o como consecuencia de traumatismos. Fumar produce niveles altos de monóxido de Carbono en sangre, e incluso da lugar a signos de toxicidad aguda en personas no habituadas. Se han descrito accidentes mortales al fumar sin descanso más de 20 cigarrillos.

Sus usos industriales y domésticos son muy variados, desde el gas ciudad, hasta los gases empleados en la fabricación de gasolinas, contienen altas concentraciones de monóxido. El monóxido de carbono es un intermediario clave para la producción de un amplio grupo de compuestos orgánicos. (Ladrón de Guevara J., Moya Pueyo V. 1995)

El dióxido de nitrógeno (NO₂)

Los óxidos de nitrógeno, se conocen desde hace más de 200 años y tienen una gran importancia, en todos los campos desde el ambiental y el comercial, hasta el terapéutico y fotoquímico. (Ladrón de Guevara J., Moya Pueyo V. 1995)

El dióxido de nitrógeno es un gas de color amarillento muy tóxico con un olor sofocante (Chang R. 1999). Se produce principalmente durante la mineralización de materia orgánica con HNO₃, calentamiento de soluciones de ácido nítrico, maduración de grano en silos, tratamiento de N₂ a altas temperaturas, empleo de explosivos y detonantes, etc.

Cabe destacar la capital importancia del NO₂ emitido por los vehículos con motor de combustión

interna, como parte fundamental de la formación del smog ácido, esto ha provocado el desarrollo en la mayoría de países occidentales de una regulación específica para el uso de catalizadores en los vehículos, que reduzcan la emisión de óxidos nitrosos. (Ladrón de Guevara J., Moya Pueyo V. 1995).

Las partículas en suspensión

La composición química de este contaminante es muy heterogénea, pues depende de los diferentes focos de emisión y es, generalmente, una mezcla compleja de partículas orgánicas e inorgánicas

Las partículas, exactamente igual que los demás contaminantes, pueden ser tanto de origen natural como artificial. La fuente natural de partículas más común, son los océanos (partículas de sal), aunque también revisten cierta importancia el arrastre del polvo por el viento, las erupciones volcánicas y los incendios forestales. (A. Sierra López et al., 1990).

Respecto de las fuentes antropogénicas podemos afirmar que las partículas presentes en zonas urbanas proceden principalmente de centrales térmicas, procesos industriales, tráfico de vehículos, combustión doméstica de carbón e incineradores industriales. (Gerard K. 1999). También se producen grandes cantidades de sustancias pulverulentas en la construcción de Edificios.

La Organización Mundial de la Salud (WHO) diferencia las partículas en suspensión por su tamaño, aquellas cuyo diámetro es inferior a 2,5 µm y aquellas cuyo diámetro es inferior a 10 µm.; es este último indicador el más empleado en el mundo, debido a su relevancia para la mayoría de estudios epidemiológicos. Además, en él también están incluidas la mayoría de partículas capaces de penetrar en el tracto respiratorio humano, por lo cual a partir de ahora, cuando nos refiramos a las partículas en suspensión, en Pekín, aportaremos datos sobre estas últimas (WHO. 2005).

Las partículas en suspensión se miden normalmente en microgramos partido de metro cúbico, y son uno de los más importantes indicadores de calidad del aire. (Worldbank.com. Urban air pollution, 2004).

Polución atmosférica y salud

Durante las últimas décadas, se han recogido numerosas evidencias que confirman los efectos adversos de la polución atmosférica sobre la salud de niños y adultos, que viven en grandes centros urbanos (Burnett u Cols., 1998; Burnett y Cols., 1999; Steib y Cos., 2002, y Vedal y Cols., 2003).

Los mencionados efectos son muy amplios. Desde reducción de la función respiratoria, ataques de asma, bronquitis aguda y crónica, e incremento de consultas y hospitalizaciones por patología respiratoria y cardíaca, hasta el aumento de incidencia y duración de síntomas respiratorios y elevación de las tasas de mortalidad.

La American Lung Association, 2002, relaciona la polución del aire con cáncer de pulmón, ataques cardíacos, hipertensión y defectos congénitos cardíacos, y señalan los elevados riesgos de la polución del aire en asmáticos y diabéticos.

La mayor parte de los agentes contaminantes llegan a la atmósfera como consecuencia de los procesos de combustión. El automóvil constituye una de las fuentes principales de contaminación a causa de la ineficacia con que quema el combustible. Mil automóviles funcionando todo el día, arrojan a la atmósfera 3,2 toneladas de monóxido de carbono, entre 180 y 360 kilogramos de vapores orgánicos (hidrocarburos), de 45 a 130 kilogramos de óxidos nitrosos y cantidades menores de azufre y otros productos químicos. (Cifras señaladas por Leslie A. Chambers, Director del Departamento de Investigación sobre Control de Contaminación Atmosférica de el distrito de Los Angeles).

En áreas metropolitanas, las fuentes de contaminación suelen ser: los

automóviles, las plantas industriales, las calefacciones y las instalaciones municipales. La contaminación atmosférica, según la densidad de población de que se trate y la meteorología de la zona, puede llegar a ser un problema grave.

Acciones patológicas de los principales contaminantes urbanos

Dióxido de azufre (SO₂)

Su principal acción tóxica se produce en el aparato respiratorio, es un irritante pulmonar. El dióxido es muy hidrófilo y se disuelve en el agua que baña las mucosas y en una reacción exotérmica e inmediata que se transforma en ácido sulfuroso, responsable de la lesión tisular. El anión sulfuroso se oxida posteriormente a sulfato y se elimina por la orina.

Concentraciones atmosféricas superiores a 10 p.p.m. (10 mg/ml), producen signos de toxicidad aguda en pocos minutos. No obstante, los trabajadores profesionalmente expuestos desarrollan una gran resistencia, por lo que toleran atmósferas muy contaminadas sin aparentes molestias, pero van desarrollando lesiones típicas de la exposición crónica. (Zislin, D.M. y Cols, 1974).

La exposición durante una jornada de trabajo a una atmósfera con 2 p.p.m. (2mg./ml), produce lesiones crónicas con afectación de la mucosa nasal y faríngea y bronconeumonía obstructiva crónica, que con frecuencia se complica con procesos infecciosos recurrentes. (Charan, N.B. y Cols., 1979; Dubois, C., 1975). Son también frecuentes los trastornos del gusto, gástricos y cefaleas.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Se comporta como un irritante de tipo secundario de las vías respiratorias. El dióxido se disuelve en el agua que cubre la mucosa y posteriormente se transforma en ácido nítrico. Así pues, depende de su

solubilidad en el agua, que penetre hasta la zona final de las vías respiratorias ocasionando lesión de la membrana alveolo capilar.

A partir de un periodo variable de la exposición, se produce el trastorno respiratorio tipo neumonía química, con la consiguiente complicación del edema pulmonar en los casos más graves.

Niveles atmosféricos de 500 p.p.m. (940mg/m³) producen edema pulmonar después de un periodo asintomático que puede llegar a durar 48 horas. Desde 150-300 p.p.m., producen neumopatías graves, con lesiones de las zonas terminales bronquiales. Con 50 p.p.m. producen neumonitis y bronquitis graves. Con 25 p.p.m. producen bronquitis y bronconeumonias con sintomatología.

Después de la exposición y a lo largo de las horas siguientes, hay tos irritativa que poco a poco se va transformando en productiva, con esputo espumoso al comienzo y después sanguinolento. La sensación subjetiva es de gravedad y con dificultades respiratorias, (Meldrum, M. 1992; Horvarth, E.P., 1978).

En caso de que se produzca absorción en cantidades suficientes, puede producirse metahemoglobina y lesiones tisulares. En personas con trastornos respiratorios preexistentes, en especial bronquitis crónica y asmáticos, se agudiza su proceso.

La incidencia de trastornos respiratorios aumenta durante las fases de mayor contaminación atmosférica.

Monóxido de carbono (CO)

Es el gas que más frecuentemente genera problemas tóxicos, tanto en la población común, como en profesionales con riesgo específico. Es uno de los primeros tóxicos generados por la actividad humana. Es un gas incoloro, inodoro e insípido, razones que favorecen la intoxicación. El empleo de carbón o derivados del petróleo como combustibles de motores o calefacciones, son emisores importantes de CO. Fumar produce altos niveles

de monóxido en sangre y puede dar signos de toxicidad aguda en personas no habituadas.

La única vía de absorción es la respiratoria, siendo su difusión superior a la del oxígeno y el dióxido de carbono, resultando determinantes por lo tanto la relación superficie pulmonar/masa corporal, el volumen respiratorio por minuto, la perfusión pulmonar, el gradiente de CO entre el aire alveolar y la sangre alveolar, por ello un niño se intoxica antes que un adulto y uno que realice ejercicio físico intenso, puede tener síntomas de intoxicación antes que otro sedentario.

La hemoglobina tiene una afinidad por el monóxido de carbono, entre 220 y 270 veces superior que por el oxígeno. Por ésta razón el monóxido circula en la sangre unido a la hemoglobina, formando carboxihemoglobina.

En los tejidos, las enzimas que contienen el grupo hem tienen también elevada afinidad y por ello los citocromos que se unen al oxígeno, tienen también una afinidad por el CO entre 100 y 200 veces superior que por el oxígeno.

Aproximadamente el 80% del monóxido está en sangre y el 20% restante en los tejidos, especialmente unido a los citocromos.

La presencia de carboxihemoglobina en sangre dificulta el transporte de oxígeno a los tejidos, al hacerlo inhábil para transportar oxígeno y desplaza la curva de disociación de oxígeno de la hemoglobina a la izquierda (efecto Haldane), lo que dificulta la liberación de oxígeno a los tejidos. Todo ello, en definitiva, conduce a una hipoxia tisular más importante incluso que la relacionada directamente por la concentración de carboxihemoglobina.

La afinidad del CO hace que se una, no solo al hierro del Hem o la mioglobina sino también a los átomos de hierro de los citocromos, especialmente a los que intervienen en la cadena respiratoria mitocondrial, lo que impide la utilización de oxígeno por los tejidos. En el músculo se agrava

por la unión del CO a la mioglobina.

El miocardio tiene especial sensibilidad a la toxicidad por CO puesto que es un músculo especialmente rico en mioglobina y por tanto muy sensible a la hipoxia (Marius Nuñez, A.L., 1990).

La intoxicación aguda depende de muchos factores, como la velocidad de absorción del tóxico y el grado de resistencia y adaptación del individuo al monóxido de carbono, por ello para un fumador veterano una cifra de hasta 14% de carboxihemoglobina no le producen apenas síntomas, pero en un individuo no fumador da lugar a un cuadro de embriaguez con náuseas y mareos. Por ello los pacientes con problemas isquémicos cardíacos o neurológicos, frecuentemente de etiología arteriosclerótica son mucho más sensibles a su acción. (Neuzil, K.M., 1991).

Las intoxicaciones sobreagudas como resultado de respirar atmósferas muy contaminadas por monóxido, en concentraciones superiores al 30-40%, son muy graves con posible fallecimiento por parada respiratoria.

La intoxicación crónica por CO es muy difícil de valorar y diagnosticar y muchos autores niegan su existencia como cuadro tóxico específico. No obstante, en personas con trastornos respiratorios o cardíacos, pueden agravar la sintomatología. Algunos autores describen alteraciones de la personalidad de tipo neurasténico, cefaleas, falta de concentración y trastornos del sueño. (Berg, R.A., 1990).

El problema del CO en general se presenta en locales cerrados con empleo de formas de calefacción a base de combustión de gas, carbón, etc. siendo mucho menos importante en el ambiente al aire libre. En principio para personas no profesionalmente expuestas, los niveles máximos deben ser de 1 a 2,5 p.p.m. No obstante, las atmósferas urbanas contaminadas y los hábitos fumadores pueden desencadenar problemas patológicos especialmente, en días de smog y en

personas predisuestas que realizan ejercicio.

Actividad física y polución atmosférica

La polución atmosférica continuada supone un riesgo significativo para cualquier población. Los estudios del "Documento de Toronto", señalan claramente que los cambios climáticos asociados al incremento de días calurosos en verano, junto con el aumento en las denominadas "alertas de smog", reiteran las precauciones a tomar con las actividades físicas intensas al aire libre, por el aumento de contacto con aire polucionado.

Las horas peligrosas se centran en los horarios de alto tráfico, es decir en horas de entrada al trabajo y regreso del mismo (en Toronto 7 a.m. y 8 p.m.).

El ejercicio físico moderado es fuente de salud, asociándose con disminución de riesgos coronarios y enfermedades cardíacas, protección contra la osteoporosis en ancianos, incremento de masa muscular, fuerza y equilibrio. En general, la actividad física regular provee de autoestima, bienestar y autocontrol. La falta de actividad física incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, osteoporosis, obesidad y coincide con el incremento de conductas sedentarias de diferentes tipos.

Actividad física e intercambios respiratorios

La intensidad de intercambio respiratorio (salida y entrada de aire en los pulmones) cambia mucho con el tipo de ejercicio. Para un adulto varón en buen estado de salud, una hora de actividad física vigorosa puede equivaler en términos de intercambio respiratorio alrededor de 7 horas de reposo. Para un niño de 6 a 13 años, una actividad vigorosa -como el fútbol- puede resultar unas 5 veces más intensa que jugar con el ordenador.

La cantidad de agentes polucionantes que penetran en el aparato respiratorio depende de muchos

factores: la forma de respirar, el nivel de actividad respiratoria y el nivel de concentración de estas sustancias en el aire. Torlo, 1990 señala que el ejercicio vigoroso incrementa el intercambio respiratorio y cambia el modo de respirar de nasal a bucal, disminuyendo la filtración nasal.

Los niños inhalan aproximadamente 5 veces más aire por kilogramo de peso corporal y día, que un adulto. Por tanto, en condiciones microambientales concretas pueden recibir mayores dosis de contaminantes aéreos que adultos que realicen actividades intensas, (Toronto Department of Public Health, 1994). En la Tabla III de U.S. Environmental Protection

Agency, 1997 (E.P.A.), se evidencian los cambios de nivel de inhalación en diferentes actividades, en diferentes grupos de edad.

No obstante, en cualquier nivel de actividad, una persona entrenada inhala menos cantidad de aire que una no entrenada, por tanto el nivel de contaminación sería algo menor en los entrenados, puesto que tienen una respiración más eficiente para una misma intensidad de esfuerzo.

La situación actual en Pekín

Hemos visto cuales son los principales contaminantes atmosféricos y como afectan a la salud del deportista, pero, ¿está justificada

la preocupación del COI de la que nos hacíamos eco al principio? Trataremos de dar respuesta a esta pregunta basándonos en los datos existentes sobre los contaminantes que hemos citado anteriormente.

En 1960, la población urbana de los países de renta media y baja era inferior al 22%, siendo el 41% en 1998, y estimándose que será superior al 50% en el año 2015. Muchas de las ciudades que han sufrido este aumento de población, se encuentran en China. Este aumento de población, ha venido acompañado de un crecimiento de las emisiones de contaminantes atmosféricos debido principalmente al aumento de la capacidad industrial de las ciudades y al crecimiento del número de vehículos

Activity Level	Activity Description	Average Inhalation Rate (m ³ /hour)		
		Children (6 to 13 yr)	Adult Females (all ages)	Adult Males (all ages)
Resting	Lying	0.45	0.43	0.54
Sedentary	Sitting or standing	0.47	0.48	0.60
Light	Walking slowly (2.4 - 4.8 km/hr)	0.95	1.33	1.45
Moderate	Walking quickly (5.3 - 6.4 km/hr)	1.74	2.76	1.93
Heavy	Running quickly (7.2 - 9.6 k/hr)	2.23	2.96	3.63

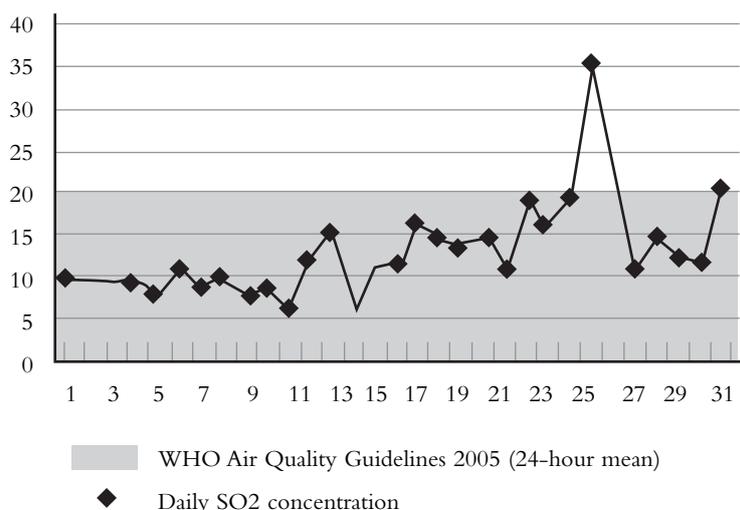
Tabla 3

Tasa de inhalación de aire según diferentes actividades. Source: U.S. Environmental Protection Agency, 1997.

Pollutant	Mean Level	Upper Limit of Standard II	WHO standars
SO ₂	Annual Mean	60 µg/m ³	
	24-hour Mean	150 µg/m ³	20 µg/m ³
	Hour Mean	500 µg/m ³	
PM ₁₀	Annual Mean	100 µg/m ³	20 µg/m ³
	24-hour Mean	150 µg/m ³	50 µg/m ³
NO ₂	Annual Mean	80 µg/m ³	40 µg/m ³
	24-hour Mean	120 µg/m ³	
CO	Hour Mean	240 µg/m ³	200 µg/m ³
	24-hour Mean	4,000 µg/m ³	
	Hour Mean	10,000 µg/m ³	

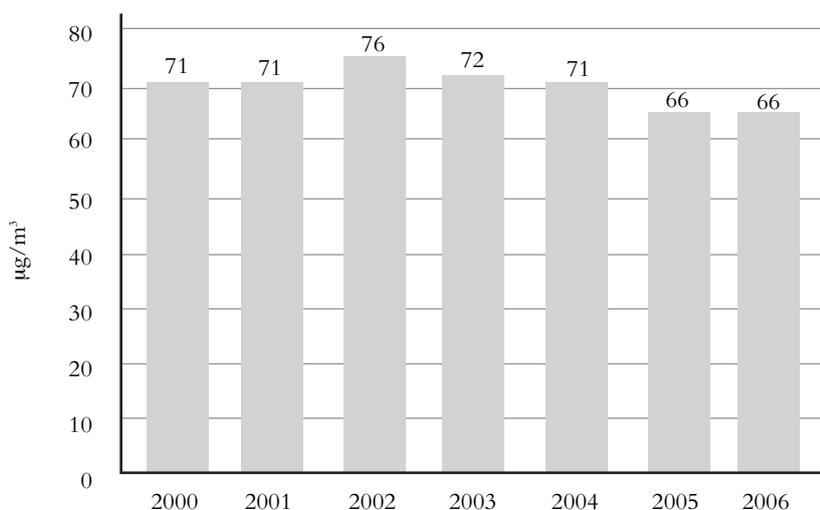
Tabla 4

Niveles máximos de diversos contaminantes atmosféricos según la Standard II y los niveles máximos de la WHO. (Extraída de: UNEP 2007)



Source: EPB

Gráfica 1
Concentración diaria de SO2 en Agosto de 2006 comparada con los valores máximos de la WHO (Extraída de: UNEP 2007).



Source: EPB

Gráfica 2
Media anual de NO2 en Pekín durante el periodo 2000-2006. (Extraída de: UNEP 2007)

de transporte privado. (Worldbank. com. Urban air pollution, 2004).

Cada año desde 1998 a 2006, la oficina de protección ambiental de Pekín ha tomado medidas de diversos contaminantes en 27 estaciones municipales de muestreo, los datos obtenidos, han sido comparados con las concentraciones máximas de dichos contaminantes, fijadas por la Standard II National Ambient Quality Standards (GB

3095-1996), y posteriormente han sido expresados como el número de días por año, que los niveles de contaminación han sido inferiores a los niveles máximos marcados por la Standard II. En la tabla IV puede observarse una comparación entre los niveles máximos propuestos por la ya citada Standard II y los propuestos por la Organización mundial de la salud (WHO) en su revisión de 2005. (UNEP. 2007).

Según datos oficiales, el número de días al año que se han cumplido las expectativas de calidad del aire en Pekín, han pasado de solo 100 en 1998, a 241 en el año 2006, este aumento tan significativo en la calidad del aire ha sido sin duda un gran logro de la organización de los juegos, pero, ¿es real la mejora de las condiciones sanitarias? Para contestar esta pregunta, primero hemos de observar la tabla IV; en ella, los límites superiores expresados en la Standard II son muy superiores a los equivalentes propuestos por la WHO, que son los límites máximos adoptados por la mayoría de países europeos. No obstante, analizaremos uno por uno la situación de los cuatro contaminantes que hemos definido como principales, centrándonos en los datos referentes al mes de Agosto del año 2006, debido a que será en este mes del año 2008 cuando los deportistas realicen el esfuerzo competitivo.

El dióxido de azufre (SO2)

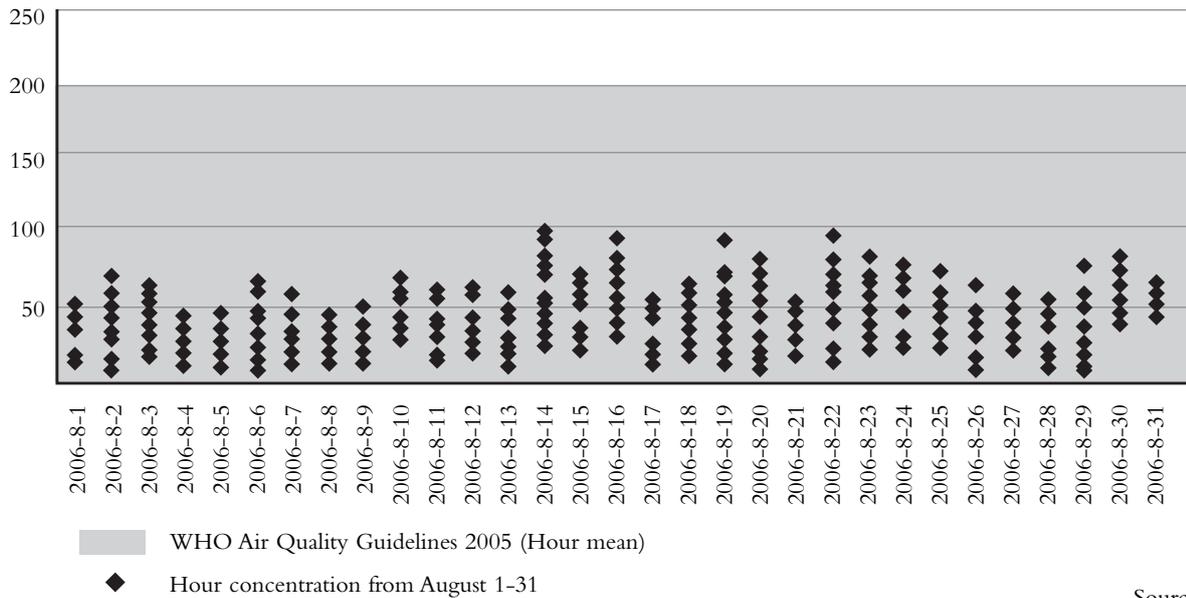
En este caso, y como podemos comprobar en la gráfica 1, los niveles de SO2 se mantuvieron, salvo un solo día, por debajo o en el límite del máximo recomendado por la OMS.

El dióxido de nitrógeno (NO2)

El caso del NO2 arroja unos datos curiosos, pese a que como se puede apreciar en la gráfica 2, la concentración de dióxido de nitrógeno anual en el año 2006, superaba en 26 mg/m³ el límite máximo propuesto por la OMS (Gráfica 2), las concentraciones máximas que se alcanzaron durante las horas de los 31 días de Agosto de 2006, son muy inferiores al límite máximo por hora, expresado por la OMS (Gráfica 3).

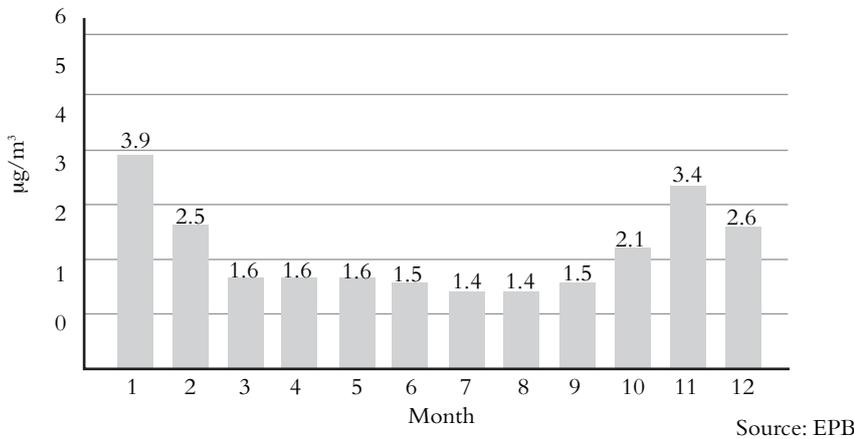
Monóxido de carbono (CO)

En este punto no existen mediciones de las concentraciones de CO susceptibles de ser comparadas con los máximos propuestos por la OMS,



Source: EPB

Gráfica 3
Concentración de NO2 en Agosto de 2006 por horas comparada con los valores máximos de la WHO.
(Extraída de: UNEP 2007)



Source: EPB

Gráfica 4
Concentración media de CO en Pekín (miligramos), en el periodo 2000-2006.

puesto que esta expresa los límites en concentraciones por horas, siendo los datos ofrecidos por la oficina de protección ambiental de Pekín referentes a las concentraciones diarias. No obstante, estas concentraciones fueron en el año 2006 siempre inferiores al límite máximo establecido por las autoridades chinas, como puede observarse en la gráfica 4.

Las partículas en suspensión (PM10)

Durante el mes de Agosto de 2006 la concentración de PM10 en

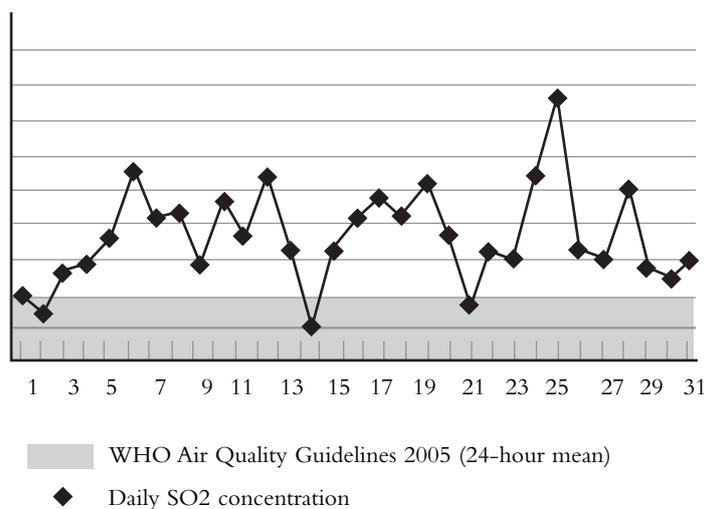
el aire de Pekín fue, con excepción de cuatro días, superior al límite máximo propuesto por la OMS llegando incluso a ser el doble, e incluso tres veces superior en determinados días, (Gráfica 5). Si observamos la gráfica 6 comprobamos que el caso del mes de Agosto no es aislado, puesto que durante el año 2006 la concentración de PM10 fue 141mg/m³ que el máximo recomendado por la OMS. Además, en esta gráfica también puede comprobarse que no existe una tendencia clara hacia la disminución de la concentración.

Conclusiones

Los datos aquí presentados hablan claramente del esfuerzo que las autoridades chinas han realizado con el fin de preparar la ciudad de Pekín para la celebración de los juegos olímpicos; no obstante, determinados datos han provocado en el COI la aparición de ciertas dudas sobre la calidad del aire en la ciudad llegando a plantear, incluso, la posibilidad de retocar el calendario previsto para determinadas pruebas de resistencia en las cuales el desgaste del deportista es máximo. Es por ello que surge la incómoda pregunta, ¿se ha hecho todo lo posible para mejorar la calidad del aire en Pekín?

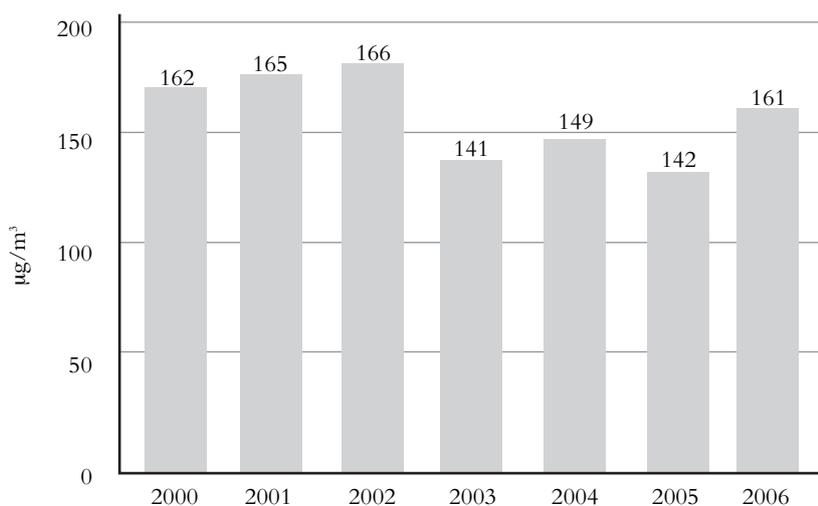
Desde la elección de Pekín como ciudad olímpica en 2001, se han llevado a cabo una gran cantidad de medidas de choque para reducir la contaminación. Algunas de estas medidas han sido:

- Prohibir la circulación de más de 1.300.000 vehículos privados durante la celebración de los juegos.
- Poner a disposición de los ciudadanos más de 50.000 bicicletas de alquiler.



Source: EPB

Gráfico 5
Concentración diaria de PM10 durante el mes de Agosto de 2006 comparado con los valores de la WHO (µg/m³).



Source: EPB

Gráfico 6
Concentración anual media de PM10 en Pekín durante el periodo 2000-2006. (Extraída de: UNEP 2007)

- Promover el uso del transporte público, renovando además el parque móvil con vehículos poco contaminantes.
- El cierre temporal y traslado de fábricas.
- Etc.

Desde 1998 la ciudad de Pekín ha invertido más de 120.000 millones de Yuanes (unos 11.300 millones de Euros) en protección ambiental; esta inversión ha financiado entre otras las anteriores acciones, siendo uno de los

proyectos más ambiciosos el traslado de las industrias hacia las provincias vecinas de Hebei y Tianjin, siendo el caso más llamativo el del gigante siderúrgico Shougang que terminará el traslado de sus plantas (algunas de las más contaminantes de Pekín) a la provincia de Hebei en el año 2010. No obstante, existen razones para creer que estos traslados y cierres de industrias no disminuirán de forma radical el preocupante exceso de partículas en suspensión. Determinados estudios señalan que las tres provincias que rodean las ciudades de Pekín y Tiajin (provincias de Hebei, Shanxi y Shandong), están fuertemente urbanizadas e industrializadas. En estas zonas, los controles de emisión tanto de las industrias como de los vehículos no son tan fuertes como en Pekín, lo que junto con los vientos predominantes en la zona, provoca que gran parte de las partículas en suspensión emitidas en estas provincias se unan a la contaminación propia de la ciudad olímpica (Streets D.G. et al. 2006).

A la vista de los datos mostrados en este artículo, podemos afirmar que la preocupación del COI es fundada, puesto que pese a los enormes esfuerzos económicos y sociales realizados por el gobierno chino y el Ayuntamiento de Pekín, la concentración de partículas en suspensión sigue siendo hasta 3 veces superior al máximo recomendado por la OMS, y sus posibles consecuencias sobre la salud y el rendimiento de los deportistas pueden llegar a ser graves. Es por esto, que el gobierno chino deberá aumentar sus esfuerzos durante los pocos meses que quedan hasta la inauguración de la competición, para evitar que los XXIX juegos olímpicos se ahoguen en una nube de contaminante de partículas.

BIBLIOGRAFÍA

1. American lung association. 2002. *Annotated bibliography of recent studies on the health effects of air pollution*. Nacional headquarters New Cork.
2. Barth, D.S., Black, S.C., Hammerle, J.R. 1977. *Handbook of Physiology*. Ed. American Physiological Society. 667 pp.
3. Berg, R.A. 1990. *Occult carbon monoxide poisoning in a infant*. *Pediatr. Emerg. Care* 6:21-23.
4. Burnett, R.T. Et. al. 1998. *The effect of the urban ambient air pollution mix on daily mortality rates in 11 canadian cities*. *Canadian Journal of public health*. 89:152-156.
5. Burnett, R.T. Et. al. 1999. *Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalization*. *Archives of Environmental Health*. 54 (2) :130-139.
6. Burnett, R.T. Et. al. 2004. *Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in canadian cities*. *Archives of Environmental Health*. 59:228-236.
7. Carlisle, A.J., Et. al. 2001. *Exercise and outdoor ambient air pollution*. *Br. J. Sports Med.* 2001 35:214-222.
8. Chameides, W.L., Et. al. 1988. *The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study*. *Science*, 1988 241:1473-1475.
9. Chang R. 1999. *Química*. Ed. McGraw-Hill. Méjico. 993 pp.
10. Charan, N.B. Et. al. 1979. *Pulmonary injuries associated with acute sulfur dioxide inhalation*. *American Review of Respiratory Disease*. 119:550-560.
11. Comité olímpico internacional. 2005. *Manual sobre deporte y medio ambiente*. Lausana.
12. Daigle, C.C. Et. al. 2003. *Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise*. *Inhal. Toxicol.* 2003;15:532-539.
13. Devalia, J.L. Et. al. 1994. *Effect of nitrogen dioxide and sulphur dioxide on airway response of mild asthmatic patients to allergen inhalation*. *Lancet*, 1994 344:1668-1671.
14. Dubois, C. 1975. *Contribution a l'étude du rôle en pathologie respiratoire de l'anhydride sulfureux, a propos d'une observation d'intoxication professionnelle accidentelle*. Université de Paris V. Faculte de médecine Necker-Enfants-Malades. Paris. France. 289 pp.
15. Gerard K. 1999. *Ingeniería ambiental*. Ed. Interamericana McGraw-Hill. Madrid. 1331 pp.
16. Gong, M. 1992. *Health effects of air pollution*. *Clinics in chest medicine*, 1992 13 (2) :201-214.
17. Hazucha, M.J. .Et. 1992. *al. Lung function response of healthy subj.* 1992, 145:A456. *Effects following sequential exposure to NO2 and O3*. *Am.Rev.Respir.Dis.* ; .
18. Hedley, A.J. Et. al. 2002. *Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulfur content of fuel in Hong Kong: An intervention study*. *Lancet*. 360:1646-1652.
19. Horvarth, S.M. 1981. *Impact of air quality in exercise performance*. Ed. Williams & Wilkins. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 1981 9:265-296.
20. Horvath, E.P. Et. al. 1978. *Nitrogen dioxide-induced pulmonary disease-Five new cases and a review of the literatura*. *Journal of occupational Medicine* 20:103-110.
21. International Olympic Comité. 1999. *Olympic Movement's Agenda* 21. 50 pp.
22. Korick, S.A. Et. al. 1988. *Effects of Ozone and other pollutants on the pulmonary function of adult hikers*. *Environ. Health. Perspect.* 1998 106:93-99.
23. Ladrón de Guevara J., Moya Pueyo V. 1995. *Toxicología médica clínica y laboral*. Ed. Interamericana McGraw-Hill. Madrid. 737 pp.
24. Marius Nuñez, A.L. 1990. *Myocardial infarction with normal coronary arteries after acute exposure to carbon monoxide*. *Chest*. 97:491-494.
25. Martín Mateo, R. 1998. *Manual de derecho ambiental*. Ed. Aranzadi. Madrid. 274 pp.
26. Meldrum, M. 1992. *Health and safety executive. Toxicology of substances in relation to major hazards. Nitrogen dioxide*. Ed HMSO Books. London.
27. Neuzil, K.M. 1991. *A toxic cause of chest pain*. *J. Tenn. Med. Assoc.* 84:126-127.
28. Rundell, K.W., Jenkinson, D.M. 2002. *Exercise induced bronchospasm in the elite athlete*. *Sports Med.* 2002 32:583-600.
29. Sharman, J.E., Cockerfort, J.R. Et. al. 2004. *Cardiovascular implications of exposure to traffic air pollution during exercise*. *Q.J.M.* 2004 97: 637-643.
30. Sheela V. Basrur. 2003. *Air Pollution and Physical Activity: Examination of Toronto Air Data to Guide Public Advice on Smog and Exercise*. Health Promotion & Environmental Protection Office. Toronto Public Health.
31. Sierra López, A., Álvarez Marante, R. 1990. *Contaminación atmosférica*. Medicina preventiva y salud pública 8ª edición. Ed Salvat. 147-156 pp.
32. Sterhova, N.P. Et. al.
33. Stieb, D.M. . Et. al. 2002. *Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age and season*. *Journal of the air and waste management Association*. 52:470-484.
34. Streets, D.G. 2006. *Air quality during the Beijing Olympic Games*. *Atmospheric environment* 41 (2007) 480-492 pp.
35. UNEP (United Nation Environment Programme). 2007. *Beijing 2008 Olympic games- An environmental review*. UNEP publications. 159 pp.
36. Vedal, S. Et. al. 2003. *Air pollution and daily mortality in a city with low levels of pollution*. *Environmental Health Perspectives*. 111 (1): 45-51.
37. Wilber, R.L. Et. al. 2000. *Incidence of exercise induced bronchospasm in Olympic winter sport athletes*. *Med. Sci. Sport, Excel.* 2000 32:732-737.
38. World bank. 2004. *Urban air pollution*, www.worldbank.com.
39. World Health Organization (WHO). 2005. *WHO air quality guidelines global update 2005*. WHO regional Office for Europe. Copenhagen.
40. Zislin, D.M. Et. al. 1974. citado en *Toxicología Médica*. J. Ladrón de Guevara; V. Moya Pueyo, pp.288. Interamericana McGraw-Hill, 1995. Madrid.