

# Tóxicos detectados en muertes relacionadas con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono

J. Gómez y F. Valcarce

Instituto de Toxicología. Departamento de Madrid. C/ Luis Cabrera nº 9. 28002 Madrid. Telfs. 91 5628585 / 91 5628469

Recibido 8 de Abril de 2002 / Aceptado 16 de Octubre de 2002

**Resumen:** Se presentan en este trabajo las conclusiones del estudio realizado sobre los resultados de los análisis efectuados en muestras de sangre de 882 personas que resultaron fallecidas o intoxicadas en fuegos o a consecuencia de la inhalación de monóxido de carbono y/o de otros gases de combustión. En ellas se investigó la presencia de monóxido de carbono, cianuro y otros tóxicos tales como el alcohol etílico y los psicofármacos.

Se realizan dos subgrupos, el de muertes producidas por intoxicación por monóxido de carbono y el de las ocurridas en fuegos. Se puede observar que las concentraciones de carboxihemoglobina alcanzadas en uno y otro grupo difieren sensiblemente, siendo muy superiores las encontradas en el primer grupo, con frecuencias máximas entre 50% y 70% de carboxihemoglobina frente a las detectadas en el segundo grupo cuyas frecuencias máximas se hallan entre 1% y 15%.

En las muertes ocurridas en fuegos se detecta además cianuro en concentraciones variables ( 0,2 - 12 µg / ml ) e independientes del nivel de carboxihemoglobina detectado en cada caso. Entre los otros tóxicos más frecuentes se detectan el alcohol etílico, las benzodiazepinas, el butano y los antidepresivos, entre otros. El alcohol etílico se detecta en diferentes concentraciones observándose una mayor concentración en los casos de fuegos, lo que indica que puede tener influencia en la ocurrencia de accidentes relacionados con ellos.

**Palabras clave:** Monóxido de carbono. Fuegos. Intoxicación.

**Abstract: Toxic agents detected in deaths related to fire and intoxications with carbon monoxide.** We describe herein the conclusions reached when studying the analytical results obtained from 882 blood samples belonging to persons who died or resulted intoxicated as a consequence of fires or inhalation of carbon monoxide and/or other combustion gases.

Carbon monoxide, cyanide and other toxics, such as ethyl alcohol and psychotropics, were investigated on these samples, and we distinguished two groups of cases, one in which there was a carbon monoxide intoxication and the other one being deaths that took place in relation to a fire.

We realize that carboxyhemoglobin levels differ from one to another group, the first one being much higher, showing frequency maximum in the 50% to 70% range against 1% to 15% in the second group. In fire-related cases, cyanide was found in concentrations that ranged from .2 µg / ml to 12µg / ml, showing no correlation with corresponding carboxyhemoglobin levels.

Other toxics that also appeared were, among others, benzodiazepines, butane, antidepressants and ethyl alcohol in variable concentrations but with the trend being higher in those cases where fire was involved, indicating some responsibility of this toxic in the course of the event.

**Key words:** Carbon monoxide. Fires. Intoxication.

## Introducción

Cuando se produce una muerte relacionada con un fuego o una intoxicación por monóxido de carbono y/o otros gases de combustión, a menudo necesitamos obtener información sobre las circunstancias que han rodeado al suceso y la investigación química-toxicológica de las muestras de las víctimas nos proporciona con frecuencia datos que ayudan a la comprensión de dichas circunstancias.

En estos casos, en el Instituto de Toxicología de Madrid se reciben muestras de sangre procedentes de autopsias y también de hospitales en las que se investigan principalmente los posibles gases tóxicos generados en la combustión, tales como monóxido de carbono y ácido cianhídrico, así como alcohol etílico y otras investigaciones complementarias.

Estas investigaciones se vienen realizando durante al menos los últimos 15 años y a partir de esta experiencia, presentamos en este trabajo los resultados del estudio realizado sobre 882 muestras de otras tantas personas afectadas por sucesos relacionados con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono (CO).

## Material y Métodos

El estudio se ha realizado sobre los datos obtenidos durante el periodo de diez años comprendido entre los años 1991 y 2000, entre los que se han seleccionado aquellos que procedían de situaciones relacionadas con fuegos [1] y aquellos que presentaron niveles de carboxihemoglobina en sangre superiores a 10% respecto de la hemoglobina total [2].

Las muestras en las que el nivel de carboxihemoglobina determinado fue menor de 10% no se han incluido, excepto si se tuvo constancia explícita de que el suceso ocurrió en un fuego. Tampoco se han considerado aquellos casos en los que la cifra obtenida, aunque superior al 10%, pudiera ofrecer dudas debido al estado de conservación de la muestra o a otras circunstancias.

Del total de muestras estudiadas, 305 corresponden a muertes relacionadas con fuegos, mientras que 577 corresponden a intoxicaciones por monóxido de carbono, habiendo un número de 201 casos de las muertes relacionadas con fuegos en los que también se registraron unos niveles de carboxihemoglobina mayores de 10% y que pueden considerarse también como intoxicados por CO.

Las muestras de sangre se reciben conservadas en frío y se custodian en cámara frigorífica a una temperatura de 4° C hasta el momento de su análisis. La determinación del porcentaje de carboxihemoglobina que hay en ellas se realiza por espectrofotometría en el visible en la región de 416 nm a 432 nm según los métodos de Rodkey [3] y Rodkey modificado [4] con los que sólo se necesita una pequeña cantidad de muestra del orden de 50 µl.

La investigación de cianhídrico se realizó determinando la concentración de ión cianuro en las muestras por espectrofotometría en el visible a 585 nm previa extracción por microdifusión y formación de un complejo coloreado [5,6], necesiándose en este caso al menos 1 ml de muestra para llevar a cabo el análisis.

Se realizan también otros análisis complementarios, solicitados por el médico forense o entidad demandante de los análisis, consistentes fundamentalmente en la determinación de alcohol etílico por cromatografía de gases con espacio de cabeza, drogas de abuso y fármacos por enzaimunoensayo, cromatografía de líquidos de alta presión y cromatografía de gases con detección npd - fid y espectrometría de masas, si bien este tipo de análisis no se solicitan siempre y por tanto no se realizan en todas las ocasiones.

**Resultados:**

En la figura 1 se puede ver cuales han sido los principales tóxicos detectados en casos de muertes relacionadas con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono y en ella se observa que el tóxico mayoritariamente detectado es el monóxido de carbono, si bien vemos que la frecuencia con la que éste se detecta en relación con los otros tóxicos no es la misma en ambos casos. Ello es debido a que sólo un 26% de las intoxicaciones por CO corresponden a intoxicaciones ocurridas en fuegos, por lo que la frecuencia con que aparecen tóxicos como el cianuro (CN), que

se presentan sobre todo en esos casos, es relativamente menor cuando se considera el total de las intoxicaciones por CO.

En el epígrafe de otros se incluyen tóxicos muy diversos como benzodiazepinas, analgésicos, opiáceos, antidepressivos, cocaína, etc., mientras que el capítulo de hidrocarburos recoge fundamentalmente gases tales como el butano y el propano, relacionados con intoxicaciones por elementos calefactores que los utilizaban como combustibles.

Igualmente, las frecuencias de las concentraciones de carboxihemoglobina (COHb) encontradas en uno y otro caso difieren entre sí tal como puede verse en la figura 2 que recoge las frecuencias con que se presentan los diferentes porcentajes de COHb, dependiendo de que el suceso se haya producido en un fuego o no. En la figura 3 se pueden ver las frecuencias de las concentraciones de alcohol etílico detectadas en uno y otro caso, apreciándose también ciertas diferencias entre las que corresponden a sucesos relacionados con fuegos y aquéllos en los que sólo se ha producido intoxicación por CO.

En cuanto a las concentraciones de ión cianuro encontradas en las muestras procedentes de muertes relacionadas con fuegos, podemos ver su distribución de frecuencias en la figura 4. En la figura 5 se presentan conjuntamente las concentraciones de carboxihemoglobina y de ión cianuro encontradas en dichos casos y en ella se representan para cada caso determinado, eje X, los porcentajes de COHb referidos al eje Y, ordenados por valores

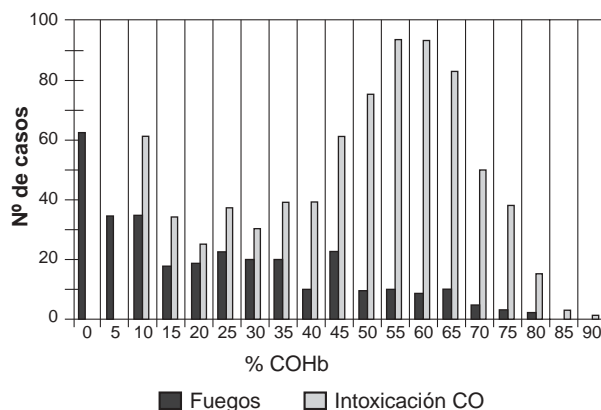


Fig. 2. Fuegos e intoxicaciones CO. Frecuencia de niveles de COHb.

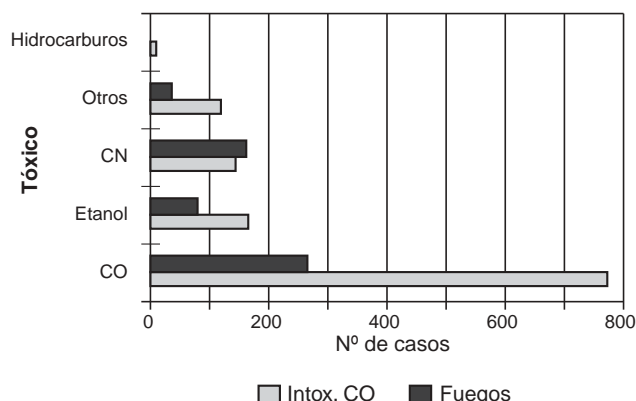


Fig. 1. Fuegos e intoxicaciones CO. Frecuencia de los tóxicos detectados.

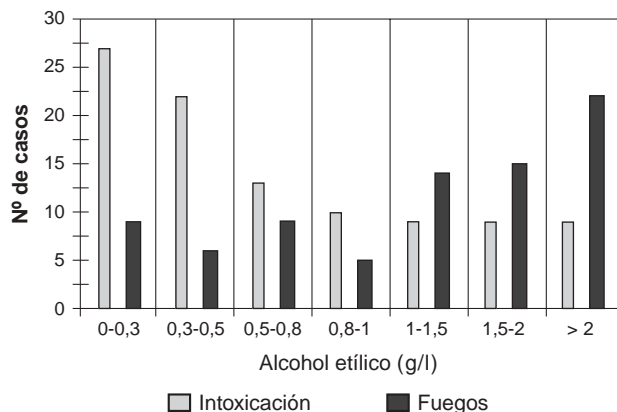


Fig. 3. Fuegos e intoxicaciones CO. Concentración de alcohol etílico..

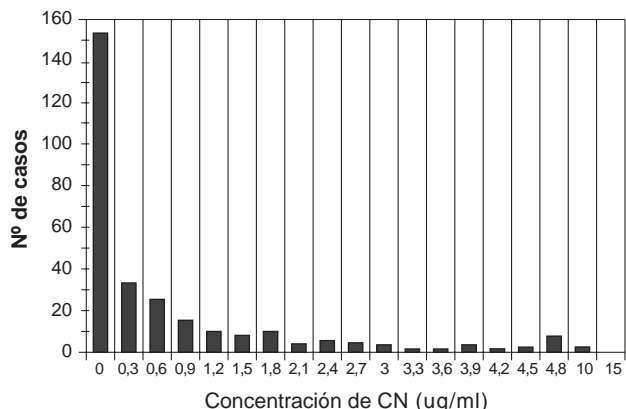


Fig. 4. Muertes en fuegos. Frecuencia de concentración de cianuro.

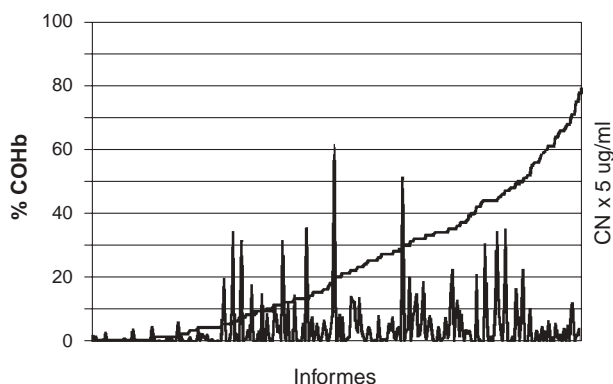


Fig. 5. Muertes en fuegos. Concentraciones de COHb y CN.

crecientes y las concentraciones de ión cianuro expandidas en un factor 5, en µg / ml referidas también al eje Y, que presentan picos de altura variable sin aparente conexión con los valores de COHb correspondientes.

Estos tóxicos detectados, se presentan solos en ocasiones pero muchas veces aparecen en combinación con otro o más de ellos por lo que tenemos que tener en cuenta cuáles son éstas combinaciones, pues la acción conjunta de dos ó más tóxicos puede tener un efecto potenciador de las toxicidades individuales de cada uno de ellos y explicar a veces consecuencias que no se podrían explicar por la acción individual de uno de ellos. Las combinaciones de tóxicos detectadas en los casos relacionados con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono se pueden ver en las figuras 6 y 7 en las que observamos ciertas diferencias en uno y otro caso, en especial la aparición del CO como agente único en un alto porcentaje de las intoxicaciones por monóxido de carbono y la de la combinación CO - CN en los sucesos relacionados con fuegos o incendios.

Con respecto a la edad y sexo de la población afectada, vemos en las figuras 8 y 9 la distribución de frecuencias en uno y otro caso en las que observamos una mayor incidencia en los varones de los dos tipos de sucesos, si bien se observan ciertas diferencias entre ambos, en especial en la frecuencia de muertes rela-

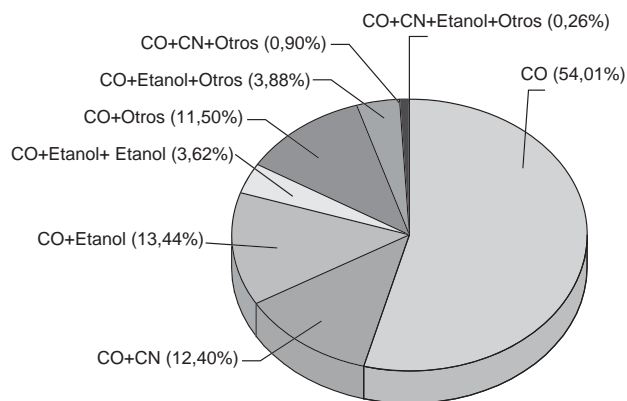


Fig. 6. Intoxicaciones por CO. Combinaciones de tóxicos detectadas.

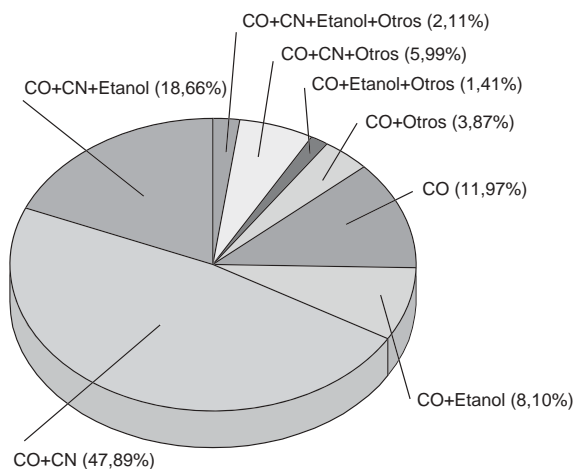


Fig. 7. Muertes en fuegos. Combinaciones de tóxicos detectadas.

cionadas con fuegos de los mayores de 70 años que es superior a la correspondiente ocurrencia de intoxicaciones en dichas edades.

Las frecuencias relativas por el lugar donde se produjo el suceso son muy similares en uno y otro caso y la ocurrencia tuvo lugar mayoritariamente en el domicilio, seguido por el coche en las intoxicaciones o por el coche y el campo en los fuegos, respectivamente.

Sobre cómo se distribuyen los tóxicos detectados y si tienen alguna relación con las circunstancias del suceso, intentamos ver la posible relación entre el lugar en que se produjo el hecho y los tóxicos detectados, figura 10, en la que se observa una cierta tendencia a que las muertes ocurridas en el coche y en el campo presenten mayor frecuencia de positivos de etanol y de otros tóxicos, mientras que las muertes ocurridas en el domicilio y en el trabajo muestran mayor incidencia de positivos de monóxido de carbono y de ión cianuro.

El período del año en que se produjeron estos sucesos guarda la misma tendencia en el caso de los fuegos y en el de las intoxicaciones por CO y presenta una fuerte dependencia con los meses del año tal y como aparece representado en la figura 11.

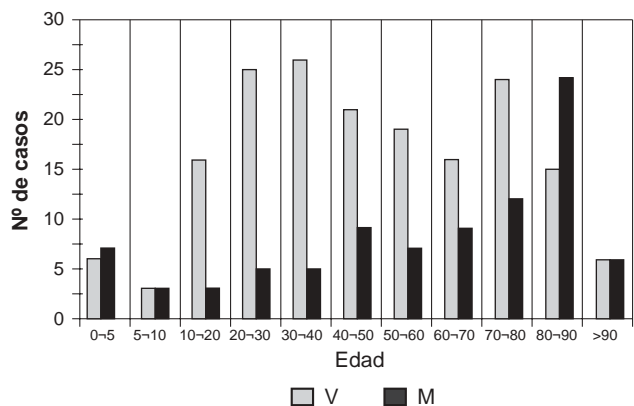


Fig. 8. Muertes en fuegos. Frecuencia por edad y sexo.

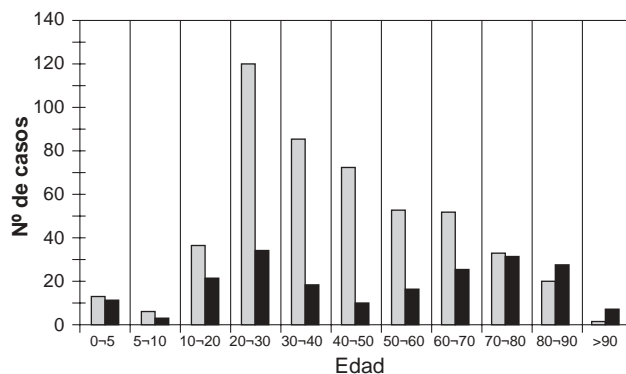


Fig. 9. Intoxicaciones por CO. Frecuencia por edad y sexo.

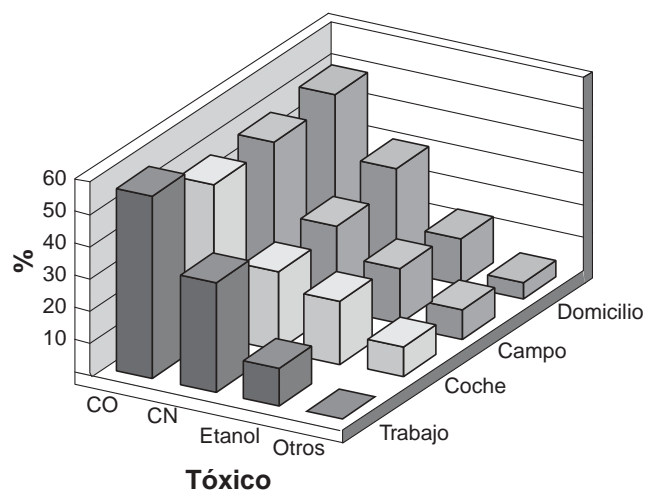


Fig.10. Muertes en fuegos. Frecuencia por tóxico y lugar.

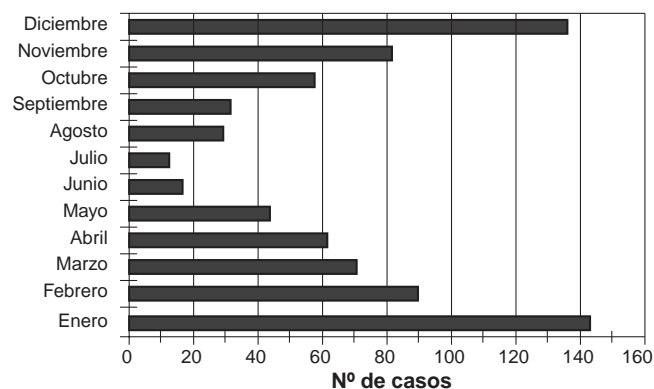


Fig. 11. Muertes por CO. Frecuencia por meses.

En lo que a la etiología de los sucesos respecta, la mayoritaria fue la accidental (76%), seguida por el suicidio (9%) y también, en pequeña proporción, por el homicidio (2%) en los casos de muertes relacionadas con fuegos. Existe una marcada dependencia de la frecuencia de los suicidios registrados con respecto al sexo y a la edad de las personas afectadas y se constata que los suicidios, que son en su mayoría realizados en el coche ó vehículo (75%), se llevaron a cabo preferentemente por medio de una intoxicación por CO y han afectado con mayor frecuencia a jóvenes varones (90 %) de entre 20 y 40 años de edad (65 %).

## Discusión

Los resultados del estudio nos muestran que los sucesos en relación con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono afectaron de forma mayoritaria a varones de edades comprendidas entre 20 y 40 años de edad, aunque las muertes en fuegos afectaron también en un alto porcentaje a hombres y mujeres mayores de 70 años.

El periodo del año en que se registraron con mayor frecuencia estos hechos coincide con los meses de otoño e invierno, lo que nos indica la estrecha relación que existe entre estos sucesos y el uso de calderas, calefacciones, hogares, braseros, etc. así como la menor ventilación de los locales. La mayoría de las veces, la etiología de la muerte es la accidental y el suceso ocurre en el domicilio, sin olvidar el relativamente alto número de ellos que también se produce en coches o vehículos como consecuencia de accidentes de tráfico y de suicidios.

Los tóxicos más frecuentemente detectados fueron el monóxido de carbono, el cianuro y el alcohol etílico, aunque también se detectaron en menor número de casos otros tóxicos tales como benzodiazepinas, antidepresivos, opiáceos, analgésicos, cocaína e hidrocarburos, entre otros. Algunos de los tóxicos detectados se presentan de forma selectiva dependiendo del tipo de suceso que haya tenido lugar, así por ejemplo el cianuro se detecta mayoritariamente en los casos relacionados con fuegos, como consecuencia de la inhalación de gas cianhídrico procedente de la combustión de materiales que han ardido, mientras que los hidrocarburos, principalmente gases butano y propano, se han detectado sobre todo en intoxicaciones por monóxido de carbono producidas por elementos de calefacción que los usaban como combustibles.

Las concentraciones encontradas para estos tóxicos también nos proporcionan información y marcan tendencias con respecto a las circunstancias en las que el suceso ha ocurrido, esto se apre-

cia claramente al observar las diferentes frecuencias con que se presentan los porcentajes de carboxihemoglobina detectados dependiendo de si en el suceso ha estado implicado el fuego ó no. Por ello, la determinación del nivel de COHb además de proporcionarnos información sobre si ha existido intoxicación por monóxido de carbono [7], puede también indicar si dicha intoxicación ha estado asociada a un fuego, en especial si otros resultados tales como la presencia de ión cianuro lo corroboran.

Los porcentajes de COHb detectados en intoxicaciones por CO en las que no ha habido fuegos o incendios suelen ser altos y presentan sus máximas frecuencias en los rangos de 50 % a 70 %, niveles considerados letales. Por contra, los niveles detectados en sucesos relacionados con fuegos tienen sus máximas frecuencias en el rango de 1% a 15 % y sólo en un pequeño número de casos superan el 50%.

Los niveles de alcohol etílico encontrados muestran cierta tendencia a ser más altos en los sucesos relacionados con fuegos, mayor de 1 g/l en el 67% de los casos, frente a un 27% en los casos de intoxicación por CO, indicando una posible responsabilidad de dicho tóxico en la producción del suceso o en la incapacidad para escapar de las llamas, especialmente en accidentes de tráfico con posterior incendio del vehículo y en incendios provocados por la quema de rastros y similares.

Las concentraciones de ión cianuro detectadas son bajas en la mayor parte de los casos, en el rango de 0,2 - 3,0 µg / ml, pero también se han encontrado concentraciones más altas, de 4, 5 y hasta de 10 y 12 µg /ml, en más de una docena de casos, valores que son considerados como letales para este tóxico cuyo umbral de letalidad suele situarse en el entorno de los 4 µg / ml. Esto nos sugiere que en alguno de los casos de muertes en fuegos, el principal responsable de la intoxicación es el gas cianhídrico, siendo el monóxido de carbono un simple coadyuvante de la misma, si bien en la mayor parte de los sucesos en los que la muerte es imputable a una intoxicación por gases de combustión, se aprecia que suele ser como consecuencia de la acción conjunta de ambos gases.

Los niveles altos de cianuro se encuentran de forma puntual y aleatoria, y no se presentan en los casos en los que los porcentajes de carboxihemoglobina son menores de 5%, indicándonos que dichos casos corresponden probablemente a situaciones en las que la muerte se produjo de forma rápida a consecuencia de las llamas ó de otras causas traumáticas ó patologías asociadas y sí se presentan ocasionalmente asociados a niveles de COHb de entre 5 % y 50%.

Al margen de este hecho, no se aprecia una correlación entre los niveles de COHb y las concentraciones de ión cianuro detectadas y así para casos en que se presentan los mismos porcentajes de carboxihemoglobina, las concentraciones de ión CN encontradas pueden ser muy diferentes, lo que nos indica que las concentraciones encontradas en cada caso dependerán de la composición química de los materiales que hayan ardiendo y por tanto de si éstos eran generadores de gas cianhídrico como sucede con

algunos de los materiales sintéticos utilizados en la construcción y en la vestimenta [8]. Esto puede producir confusión en algunas situaciones dado que incluso la posición relativa de las víctimas con respecto a estos materiales puede dar lugar a diferentes resultados para dos ó mas personas que se encontraban en una misma estancia. En revisiones sobre los tóxicos encontrados en sucesos relacionados con fuegos, así como de las lesiones sufridas por las víctimas [9,10] se observan algunas de las tendencias aquí descritas, aunque no se hace referencia al carácter aleatorio que para las concentraciones de ión cianuro hemos encontrado en este trabajo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a M<sup>a</sup> Dolores Martínez, y a Carolina Sánchez de la Torre su ayuda en la elaboración de los datos contenidos en este trabajo. Asimismo agradecen a Celia Acedo y José Azparren su participación en la realización de algunos de los análisis. También agradecemos la colaboración de todos aquellos que con su trabajo callado y diario han contribuido a que este trabajo se haya podido realizar, así como al Director del Departamento de Madrid del Instituto de Toxicología, Manuel Sancho, quién con su apoyo e interés lo ha hecho posible.

## Bibliografía

1. Valcarce F, Gómez J (2001) Muertes relacionadas con incendios en el periodo 1991-2000, analizadas en el I. de Toxicología de Madrid. XIV Congreso Español de Toxicología. Murcia. Rev Toxicol 18/3. 192.
2. Gómez J, Valcarce F (2001) Intoxicaciones por monóxido de carbono en el periodo 1991-2000, analizadas en el I. de Toxicología de Madrid. XIV Congreso Español de Toxicología. Murcia. Rev Toxicol 18/3. 187.
3. Rodkey FL, Hill TA, Pitts LL, Robertson RF (1979) Spectrophotometric measurement of carboxyhemoglobin and methemoglobin in blood. Clin Chem 25/8. 1388-1393.
4. Valcarce F (1998) Análisis espectrofotométrico de carboxihemoglobina en sangre. X Congreso Latinoamericano de Toxicología. La Habana. An Congreso. 53.
5. Rodkey FL, Collison HA (1977) Determination of Cyanide and nitroprusside in blood and plasma. Clin Chem 23/11. 1969-1975.
6. Ortega M, Vallejo E (1966) Datos referentes a la investigación toxicológica de cianuros. An R Academia de Farmacia 4-5. 479-487.
7. Maeda H, Fukita K, Oritani S, Ishida K, Zhu B (1997) Evaluation of post-mortem oxymetry with reference to the causes of death. Forensic Sci Int 87. 201-210.
8. Ballantyne B (1987) en Clin. & Exp. Toxicology of Cyanides. Ed. Wrigth. U.K. 248-291.
9. Iwasaki Y, Yashiki M, Kojima T, Miyazaki T (1998) Interpretation of accelerants in blood cadavers found in the wreckage after fire. Am J Forensic Med Pathol 19. 80-86.
10. Gerling I, Meissner C, Reiter A, Oehmichen M (2001) Death from thermal effects and burns. Forensic Sci Int 115. 33-41.