

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA PARA
DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN
MEDICINA FORENSE PRESENTA:**

ERIKA CEDILLO OCHOA

DIRECTORES DE TESIS:

M. EN C. EVANGELINA MUÑOZ SORIA

ESP. FRANCISCO GARCIA ARELLANO

México, D.F. octubre 2010



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 12:00 horas del día 02 del mes de marzo del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Medicina para examinar la tesis titulada:

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA, PARA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL”

Presentada por el alumno:

Cedillo
Apellido paterno

Ochoa
Apellido materno

Erika
Nombre(s)

Con registro:

A	0	7	0	1	3	8
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Especialidad en Medicina Forense

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

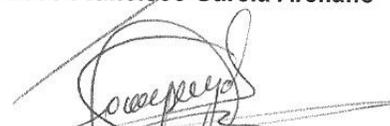
LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis


M. en C. Evangelina Muñoz Soria


Esp. José Francisco García Arellano


Dr. Pedro López Sánchez


M. en C. Macario Susano Pompeyo


Dr. Eleazar Lara Padilla

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Dr. Eleazar Lara Padilla



ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA
I. P. N.
SECCION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 27 del mes octubre del año 2010, la que suscribe **Erika Cedillo Ochoa** alumna del Programa de Especialidad en Medicina Forense con número de registro A070138, adscrita a la Escuela Superior de Medicina, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la M. en C. Evangelina Muñoz Soria y del Esp. José Francisco García Arellano y cede los derechos del trabajo intitulado **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA, PARA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección ercoch@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Erika Cedillo Ochoa
Registro: A070138

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Sección de estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional y al Servicio Médico Forense del Distrito Federal por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo de tesis y por el apoyo prestado en todo mi período de formación.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la M. en C. Evangelina Muñoz Soria, al Dr. Francisco García Arellano, al Dr. Pedro López Sánchez y al Químico Adrian Waldo Capetillo, por tener la paciencia y dedicación, brindandome su apoyo incondicional, tiempo y asesoría en este trabajo.

A la Dra. Marisela, a Maribel, a José Luis, a Raquel, a Sergio, a Simón, personal de anfiteatro, médicos del turno vespertino y autoridades del Servicio Médico Forense del Distrito Federal, por su apoyo para la realización de este trabajo y sobre todo por su amistad.

A cada uno de mis profesores por brindarme su tiempo y compartirme su conocimiento.

DEDICATORIAS.

A mi madre a quien debo lo que soy.

A mi esposo por su amor, paciencia y apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

A mi abuelita por ser pilar fundamental en mi vida.

A mis tíos, primos y amigos por el apoyo brindado.

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA PARA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALCOHOL

Este trabajo se realizó en el anfiteatro y en el laboratorio de Química Forense del Servicio Médico Forense del Distrito Federal (SEMEFO), bajo la dirección del Dr. Francisco García Arellano (Perito Médico Forense) y la M en C. Evangelina Muñoz Soria.

ÍNDICE

TÍTULO	PÁGINA
Acta de revisión de tesis	2
Carta de cesión de derechos	3
Agradecimientos	4
Dedicatoria	5
Título	6
Índice	7
Glosario	9
Abreviaturas	11
Relación de figuras, gráficos y tablas	12
Resumen	14
Summary	16
Introducción	17
Antecedentes	
El alcohol etílico sus fórmulas de cálculo y predicción.	19
Cálculo del alcohol ingerido	19
Cálculo del alcohol eliminado	20
Examen para la determinación de alcohol en orina.	21
Cálculo para la determinación retrospectiva de alcohol en sangre.	21
Metabolismo del alcohol etílico (absorción, distribución, metabolismo, y eliminación)	23

Métodos para la determinación de etanol (alcohol etílico) en muestras biológicas.	30
Técnica de microdifusión.	30
Cromatografía de gases.	31
Estado de ebriedad.	33
Alcoholímetro.	35
Justificación	36
Hipótesis	37
Objetivos	38
Materiales y métodos	39
Análisis estadístico	47
Resultados	48
Discusión	60
Conclusiones	62
Recomendaciones y sugerencias para futuros trabajos	64
Bibliografía	65

GLOSARIO

Alcohol. Cada uno de los compuestos orgánicos que contienen un grupo hidroxilo unido a un radical alifático y algunos de sus derivados(1).

Alcoholemia. Presencia de alcohol en la sangre (1).

Alcoholuría. Presencia de alcohol en la orina (1).

Aldehído. Cada uno de los compuestos orgánicos ternarios que se forman como primeros productos de la oxidación de ciertos alcoholes.

Bebidas alcohólicas. Son líquidos que contienen etanol (alcohol etílico).

Cromatografía de gases. Conjunto de técnicas para la separación de una mezcla de gases, basadas en la distinta afinidad de estas sustancias por dos medios distintos, fase móvil, fase estática o sorbente. Es la técnica a elegir para la separación de compuestos orgánicos e inorgánicos térmicamente estables y volátiles. Su principal objetivo es la cuantificación de cada compuesto presente en la muestra (2).

Cromatógrafo. Aparato usado para hacer cromatografías.

Cromatograma. Registro de las bandas producidas por diferentes sustancias que han sido separadas en un cromatógrafo.

Cromatología. Ciencia que estudia los colores.

Ebriedad. Intoxicación aguda por la ingesta de alcohol etílico.

Embriaguez. Estado morbozo, generalmente pasajero, que se produce por la ingestión de cierta cantidad de alcohol etílico, ocasionando alteraciones del sistema nervioso.

Extrapolar. Aplicar una cosa conocida a otro dominio para obtener consecuencias o hipótesis. Trasladar conceptos o ideas de un contexto a otro y ver qué resulta al hacerlo (2).

Fórmula. Combinación de símbolos químicos que expresan la composición de una molécula.

Headspace (espacial). Significa cabeza de espaciados, es un equipo que realiza exámenes de manera directa, automática y con análisis instrumental, cuya función es volatizar la muestra de la matriz (2).

Metabolismo. Conjunto de reacciones químicas que efectúan constantemente las células de los seres vivos con el fin de sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples o visceversa.

Metabolito. Cualquier sustancia producida por el metabolismo o a partir de un proceso metabólico.

Muerte real. Abolición definitiva y permanente de las funciones vitales de un organismo (paro funcional cardio-respiratorio irreversible).

ABREVIATURAS

CVG	Congestión visceral generalizada
CAs,	Concentración de alcohol en sangre
CAo,	Concentración de alcohol en orina
MCAf,	Media de la CAs mediante fórmula
MaxCAf,	Valor máximo de CAs mediante fórmula
MinCAf	Valor mínimo de CAs mediante fórmula
Desv. St.	Desviación estándar
C.A.I,	Concentración de alcohol ingerido
C.s.	Concentración sanguínea transportada (g/L),
p	Peso de la persona
Fr	Factor de reducción

RELACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICAS

	Pag.
FIG 1. La estructura molecular del alcohol etílico.....	24
FIG 2.Vía metabólica del alcohol etílico.....	25
FIG.3.Vías metabólicas de alcohol etílico (sistema MEOS y Catalasas).....	26
FIG 4. Metabolismo del alcohol en el organismo.....	27
FIG.5 Cámara de microdifusión.....	30
FIG. 6 Cromatógrafo de gases con inyector de Headspace.....	32
Gráfica 1 Metabolismo del alcohol a partir de la última ingesta.....	28
Gráfico 1 Causa de muerte en los 60 cadáveres que integrantes de la muestra.....	49
Gráfico 2 Concentraciones de alcohol en sangre y orina.....	51
Gráfico 3. Concentración de alcohol por genero.....	53
Gráfico 4. Concentración de alcohol por grupo de edad.....	55
Grafico 5. Concentración de alcohol por causa de muerte.....	57
Grafico 6. Concentración de alcohol por tiempo transcurrido entre el hecho y la toma de la muestra.....	58
Tabla 1.1 Relación concentración de alcohol en sangre y efectos clínicos.....	34
Tabla 1. Características generales de la muestra, datos cualitativos.....	48
Tabla 2. Características generales de la muestra, datos cuantitativos.....	50

Tabla 3. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por tipo de género.....52

Tabla 4. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por grupo de edad.....54

Tabla 5. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por causa de muerte.....56

Tabla 6. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por tiempo transcurrido entre el hecho y la toma de muestra.....58

RESUMEN

En la actualidad, una de las problemáticas de las instituciones que imparten justicia es determinar el estado de ebriedad de una persona que estuvo involucrada en un hecho de carácter delictivo que sucedió horas antes, fundamentando la conclusión en la extrapolación de un resultado de una fórmula que parte de la alcoholuria hacia una probable alcoholemia (3).

En este trabajo nos propusimos fundamentar que el hecho de extrapolar los valores de la concentración de alcohol en sangre a los valores que da la fórmula que parte de la concentración de alcohol en la orina es equivocado, así mismo hacemos una propuesta metodológica que mejore la técnica que hasta la fecha se ha utilizado y de no ser así proponer que se deje de utilizar.

Para determinar lo anterior fue necesario estudiar la ruta metabólica posterior a la ingesta de alcohol etílico desde el punto de vista farmacológico y no solo aplicar una fórmula de manera arbitraria, que es lo que hasta el día de hoy se viene realizando.

Para ello se tomaron muestras de sangre y orina de cadáveres que cumplieron con los elementos de inclusión como son: ambos sexos, cualquier causa de muerte, que no presentaran proceso de putrefacción, que no fueran procedentes de hospitales, edad entre 18 y 70 años, antecedente de ingesta de alcohol antes de su muerte y en los cuales se pudiera tomar muestra de sangre y orina, a estas muestras se les determinó la concentración de alcohol por medio de cromatografía de gases y se aplicó la fórmula utilizada en las instituciones de justicia partiendo de la concentración de alcohol encontrada en orina.

Los resultados que se desprendieron de la determinación de alcohol en sangre por medio de la técnica de cromatografía de gases (valor de alcoholemia real) que se realizó en el laboratorio de química del Servicio Médico Forense fueron confrontados con el valor que se obtiene de aplicar la fórmula retrospectiva partiendo de la concentración de alcohol en orina que da como resultado aparentemente la concentración de alcohol en la sangre, al hacer esto se observó que los resultados no

son iguales, además de que la formula de primera instancia tiene un índice de error de más-menos 25%.

Con base en estos resultados sugerimos que para determinar una alcoholemia real se utilice la cromatografía de gases y realizar un examen clínico completo para así sustentar el estado de ebriedad ya que éste sólo se puede diagnosticar con parámetros clínicos.

SUMMARY

At present, one of the most important problems concerning the Institutions involved in justice issues is to determine the alcoholic intoxication of a person involved in a criminal event that took place few hours before. Supporting this conclusion in the extrapolation of a result based in one urine test formula for a probably blood level of alcohol.

In this research we proposed to support out the fact of extrapolating the concentration values of alcohol in blood to the values given by the formula that begins concentration of urine level of alcohol is wronged, so we issue a methodology proposed that improves the technique up to now has been used and otherwise we should stop using.

To determine the previous hypothesis it was necessary to study the metabolic route after ethylic alcohol drunk, according the pharmacological point of view in order no to apply an arbitrary formula, which is been used up to now.

For this analyses it was taken a cadaver blood and urine samples that complete the inclusion elements as: both sexes, any cause of death, cadavers without process of rotting, which they were not coming from hospitals, within 18 and 70 years, antecedent of alcohol ingestion before their death and which blood and urine samples could be taken, to these samples were determined alcohol concentration by gases chromatography test, starting from urine level alcohol founded was applied the formula used in the institutions of justice.

The analyses test that came off the alcohol determination in blood by gases chromatography test, (real value alcohol blood level) realized in the chemistry laboratory of the Forensic Medical Service, were confronted with the obtained value to apply it retrospective formula, beginning from the urine alcohol concentration that apparently gives the result blood alcohol concentration, making this was observed that results are not equal, besides this formula at first has an index error of more-less 25%.

According with these results we suggested to determine a real blood level of alcohol settles down the law for the extracting a blood sample to determinate the alcohol concentration in blood by gases chromatography test and realize a complete clinical examination thus to sustain the state of drunkenness which is only possible to be diagnosed with clinical parameters.

INTRODUCCIÓN

El consumo permitido y socialmente aceptado del alcohol etílico o etanol, sustancia de abuso y el tóxico universalmente más consumido, utilizado en la mayor parte de las culturas y épocas, origina una problemática, que en el caso de abuso en su consumo trasciende social, sanitaria, laboral y familiarmente (4,5). La ingesta de alcohol se encuentra en las consideraciones medico legales de numerosos procedimientos judiciales culposos, por conductas imprudentes o por facilitador de la comisión dolosa de ilícitos (4, 6,7).

Con base en datos aportados por la Secretaria de Salud el 77% de la población mayor de 18 años consume bebidas alcohólicas y es causa de muerte de más de 4000 personas al año. Se considera a México uno de los países con más morbi-mortalidad a causa del consumo de alcohol. En la actualidad la edad de inicio del consumo de bebidas alcohólicas es entre los 12 y 16 años (8). Además se sabe que hay un incremento de la ingesta de alcohol en fines de semana y en temporada de fiestas, con repercusión medico legal y sociológica (6).

El diagnóstico de estado de ebriedad es un problema medico legal sobre todo cuando está ligado a hechos de carácter delictivo, los métodos para establecer dicho estado de ebriedad más comunes son: clínicos, estudios colorimétricos, cromatografía de gases hasta la extrapolación de la concentración de alcohol en un determinado fluido a sangre por medio de formulas. Dos de estos métodos, si bien son de alta sensibilidad son caros y requieren de alta capacitación para su manejo (8,9).

El hecho que existan diversos métodos para diagnosticar el estado de ebriedad es un tema de estudio y de controversia en el ámbito médico-legal, por lo que su determinación adecuada y los efectos que produce en el organismo han sido estudiados en todos los tiempos, y constituyen uno de los grandes retos de los médicos legistas para determinar su importancia dentro de las problemáticas de las instituciones que imparten justicia al tratar de determinar el probable estado de ebriedad de una persona que estuvo involucrada en un hecho de carácter delictivo que sucedió horas

antes, ya que éste puede variar dependiendo de diversos factores como son: sexo, edad, complexión, tolerancia al alcohol, alimentación, etc. Por ello es de suma importancia encontrar la forma más adecuada para determinar y sustentar un estado de ebriedad, por la trascendencia que éste tiene en una sentencia (5).

El estado de ebriedad se ha determinado a partir de la determinación de alcohol en diversos fluidos y por diferentes técnicas tales como estudios colorimétricos, cromatografía de gases hasta la extrapolación de la concentración de alcohol en un determinado fluido a sangre por medio de formulas.

ANTECEDENTES

El alcohol etílico, sus fórmulas de cálculo y predicción.

La forma más típica de intoxicación alcohólica se debe al exceso en la ingesta de alcohol etílico en poco tiempo, resultando necesario establecer criterios para determinar el nivel del estado de embriaguez en las personas, considerando como criterio importante las concentraciones sanguíneas, ya que estas quedan libres de apreciaciones que pudieran ser subjetivas, generando así los grados de ebriedad, los cuales tienen implicaciones legales para determinar la aptitud de un individuo para llevar a cabo actividades y diversas interpretaciones criminológicas (10).

El método directo para establecer la concentración sanguínea es el examen de alcoholemia (que es la determinación de la presencia de alcohol en sangre), la cual requiere la extracción de la muestra hemática de las personas o del cadáver, existiendo para su determinación métodos indirectos a través de muestras de orina, de saliva y de aire expirado en base a la relación proporcional que existe con las concentraciones alcohólicas en sangre, con resultados confiables y aceptables en algunos de estos procedimientos (10).

Sin embargo existen factores y circunstancias que pueden provocar alteraciones en la concentración sanguínea y que repercute en la interpretación legal, como por ejemplo la baja concentración por el proceso de eliminación, cuando la toma de la muestra se realiza con excesivo retraso, o el incremento del alcohol en muestras sanguíneas que fueron almacenadas en condiciones inadecuadas, por lo que se han establecido maneras de calcular esos cambios de concentración a través de fórmulas (10).

Cálculo del alcohol ingerido.

Se ha mencionado que el mejor criterio para establecer el grado de ebriedad, después del estudio clínico, es mediante la determinación de la concentración alcohólica en la sangre. Actualmente, con base en los conocimientos que se tienen sobre la difusión del

etanol en el organismo, se puede determinar la cantidad de bebida alcohólica que corresponde a la cantidad de alcohol en el organismo en cualquier momento de la curva de alcoholemia (10).

El desarrollo y aplicación de la fórmula se pueden explicar de la siguiente manera:

$$\mathbf{C.A. I. = C. s. \times p \times Fr.}$$

Donde

C.A.I., es la concentración de alcohol ingerido

C.s., es la concentración sanguínea transportada (g/L),

p. es el peso de la persona

Fr. Factor de reducción (es la relación entre la concentración sanguínea en su valor más alto alcanzado el valor promedio para los hombres es de 0.682/Kg y en mujeres 0.601/Kg).

Cálculo del alcohol eliminado.

Resulta de interés médico legal tratar de conocer la concentración alcohólica de un individuo en el momento en que haya ocurrido un hecho determinado, con base al resultado obtenido horas después de los acontecimientos.

La base del cálculo es el hecho de que una vez que se ha alcanzado el equilibrio de distribución de alcohol en el organismo, el ritmo normal de metabolismo del alcohol es de 12 a 20 mg/hora, es decir con un promedio de 15 mg/hora, ritmo que es conocido como factor "beta" de Widmark (10).

$$\mathbf{C.C.A. = C.s. + (factor\ beta \times No.\ de\ horas)}$$

Donde:

C.C.A, es igual al cálculo de la concentración sanguínea,

C.s., es igual a concentración sanguínea.

Factor beta, es igual a 15 mg/hora, es el coeficiente de etil oxidación.

No. de horas, se refiere a las horas transcurridas del momento del hecho a la toma de la muestra.

A este método se le considera un 25% +/- de variación.

Esta fórmula es el elemento de interés principal para esta investigación.

Exámen para determinar la concentración de alcohol en orina.

Cuando se aplica este examen con fines legales, el objetivo no es conocer precisamente la concentración alcohólica sanguínea, sino establecer los grados de ebriedad en las personas, la relación entre sangre y orina es constante una vez que la sangre ha alcanzado su máxima concentración de alcohol etílico, el cálculo se logra aplicando un factor 1.32 que aplica como dividendo del resultado de la concentración de alcohol en orina para transformarlo a su equivalencia en sangre (10).

La determinación de alcohol en orina indica la presencia de alcohol en el organismo, pero no el estado actual de la persona ni el contenido exacto de alcohol en la sangre (15).

Cálculo para la determinación retrospectiva de alcohol en sangre.

En 1976 aparece una fórmula de predicción para determinar la concentración retrograda dada a conocer por Zink y Reinnhardt a través de un cálculo computarizado y aplicado en 2000 casos que puede ser empleada en cualquier fase de la curva de concentración de alcohol en el organismo (10).

$$\mathbf{C.M.A. = C.s. + 20\text{ mg} + (20\text{ mg} \times \text{cada hora transcurrida}).}$$

Donde:

C.M.A. es el valor de la máxima de concentración alcohólica

C.s. es la concentración de alcohol en sangre expresada en mg/100ml (dL)

Las horas transcurridas serán, desde el momento del hecho al momento de tomar la muestra.

Winek y Esposito en 1981, en su trabajo comparativo de concentraciones de etanol en sangre, humor vítreo, bilis, y orina, encontraron que la relación promedio de alcohol/orina esta fundamentada de acuerdo con la cantidad de agua contenida en los fluidos corporales comparables (11).

Al hacer la correlación de los resultados de la concentración de alcohol en sangre y la concentración del mismo en los diferentes fluidos, estos autores consideraron que si la concentración de alcohol en orina es de 0,23% (230 mg/100 mL), entonces la concentración de alcohol en sangre podría ser de 0,18% (180 mg/100 ml) \pm 0,03 con una confiabilidad del 68% y 0,18% (180 mg/100 ml) \pm 0,06 con una confiabilidad del 95 %.

Además concluyeron en su estudio que la bilis, orina, y humor vítreo pueden ser utilizados para determinar el alcohol en sangre, ya que la relación sangre/fluidos (bilis, orina, humor vítreo) se han calculado para casos *postmortem* reales; sin embargo, en este estudio, el fluido que mejores resultados brindó fue la bilis.

Budd en 1982 encontró 500 casos con concentraciones positivas para alcohol en sangre, en los mismos casos determinó las concentraciones de alcohol en bilis, en orina, en humor vítreo y en líquido cerebroespinal, fluidos que tomó durante un estudio de necropsia. Los resultados de las concentraciones de alcohol en los fluidos mencionados los analizó para determinar si en general había una correlación lo suficientemente buena entre las concentraciones de alcohol de la sangre y la de los diferentes líquidos corporales de una víctima, y que el resultado de esta fuera tal, como para que la concentración de alcohol de uno de los fluidos del cuerpo, pudiera ser empleado para deducir con exactitud la concentración de alcohol en sangre y así esta relación sería muy útil en los casos donde la sangre no se pudiera obtener durante un

estudio de necropsia, puesto que la concentración de alcohol en sangre es muy importante para las determinaciones de la causa de muerte o situación legal del presunto responsable. Concluyo en su trabajo que la concentración de alcohol en los diversos fluidos biológicos se puede emplear con cierto grado de precisión para determinar la concentración de alcohol en sangre pero no son determinantes (12).

Neil y colaboradores en 1985, observaron que las concentraciones de alcohol en orina aunque estén disponibles, no son lo suficientemente confiables como para calcular a partir de estas, las concentraciones de alcohol en sangre. En un estudio de 75 casos, hubo 65 casos en los que las muestras de orina fueron positivas a etanol, concluyeron que extrapolar valores de alcohol en sangre a partir de los valores encontrados en orina u otro líquido orgánico, solo nos da un dato del cálculo aproximado y no confiable, por lo tanto no debe ser empleado en un tribunal de justicia (13).

Boguen ha elaborado una clasificación en la que relaciona la concentración de alcohol obtenida en la sangre y la encontrada en la orina, en la que además lo relaciona con 6 etapas del estado de embriaguez y en ella se puede observar que los signos y síntomas de los diferentes grados de intoxicación variarán más o menos de acuerdo con el estado general del individuo y que en esto influirán factores como el nivel de costumbre y tolerancia al alcohol, tipo de bebida que se ingiera, la toma de alimentos, estado emocional, edad, sexo, etc. (14).

Metabolismo alcohol etílico.

El alcohol es un líquido alifático, con olor característico, incoloro, hidrosoluble, combustible, de 48 Dalton de peso molecular y una densidad de 0,791 g/ml, que se produce de la fermentación de azúcares, almidones y celulosa, es el elemento principal de las bebidas alcohólicas, molécula de carga débil que se mueve con facilidad a través de las membranas celulares, lo que permite el equilibrio entre la sangre y los tejidos (3, 4,6).

Los efectos de una bebida alcohólica dependen de la cantidad de etanol consumido por unidad de peso corporal, en el laboratorio de química clínica el sistema internacional marca al mol como unidad de masa y al litro como unidad de volumen, por lo tanto la concentración de alcohol es reportado en mmol/L, en contraste con los laboratorios de ciencias forenses la concentración de alcohol en sangre se expresa en miligramos o gramos (mg o g) de etanol como unidad de masa, por decilitro (dL) como unidad de volumen (15, 16).

El etanol es un depresor del sistema nervioso central que disminuye la actividad neuronal, aunque en pequeñas cantidades provocan estimulación del comportamiento (6, 7,8).

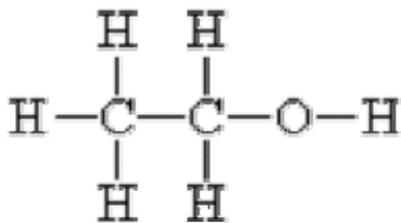


FIG 1. La estructura molecular del alcohol etílico se compone de carbono, hidrógeno y oxígeno: **C₂H₅OH**.

Para comprender los problemas que causa la ingesta de bebidas alcohólicas es preciso conocer el metabolismo del alcohol.

En la literatura mundial, la investigación del metabolismo del alcohol se realiza de manera teórica utilizando como sujeto de estudio a un individuo clínicamente sano y de aproximadamente 70 Kg, con el estómago vacío y con una sola libación (8).

El alcohol se metaboliza de un 90 a 95% por oxidación, a una velocidad de 15 ml / hora en promedio, de alcohol al 100%. Una vez ingerida una bebida alcohólica, el alcohol que se encuentra en esta se absorbe por difusión pasiva en la mucosa bucal y esofágica (en cantidades muy pequeñas), por el estómago, por el intestino grueso (en moderadas cantidades) y el resto por la parte proximal del intestino delgado (mayor proporción). El índice de absorción aumenta con el vaciamiento gástrico rápido, la

ausencia de proteínas, grasas o carbohidratos que interfieren con la absorción, la absorción máxima se produce con el 20% aproximadamente del volumen. Sin embargo, en ambos casos todo el alcohol acaba absorbiéndose y haciendo efecto en el organismo. El nivel máximo de alcohol en sangre se alcanza a los 120 minutos desde que se ingiere la bebida, pasando al torrente sanguíneo, posteriormente llega al hígado que es el único órgano que tiene los elementos enzimáticos para la biotransformación del etanol por medio de la enzima alcohol deshidrogenasa a sustancias no nocivas para el organismo (6, 8,17).

Existen tres vías principales del metabolismo del etanol en el hígado, la primera y más importante tienen lugar en el citosol celular, por medio de la alcohol deshidrogenasa (ADH). Esta reacción produce acetaldehído, que es rápidamente destruido por la aldehído deshidrogenasa (ALDH) en el citosol y las mitocondrias. Cada uno de estos pasos necesita dinucleotido de nicotidamida y adenina (NAD) como cofactor y el aumento de la relación entre el cofactor reducido (NADH) y el NAD (NADH:NAD) es el responsable de muchos de los trastornos metabólicos después de beber (6,18).

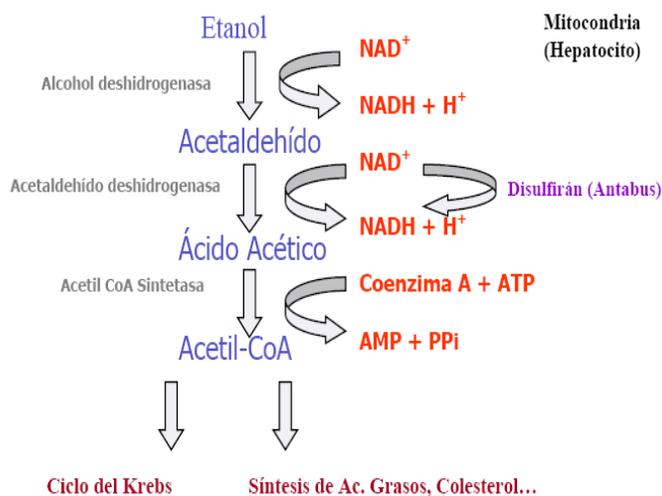


FIG 2.Vía metabólica del alcohol etílico (19).

En segundo lugar, los microsomas del retículo endoplásmico liso (sistema microsomal oxidante del etanol o SMOE), puede ser el responsable del 10% o más de la oxidación del etanol cuando las concentraciones de alcohol son altas. La exposición repetida al etanol puede inducir el aumento de actividad de este sistema (4,18).

Por otro lado la misma cantidad de alcohol ingerida en una sola toma producirá una alcoholemia mayor que esa misma cantidad en varias tomas (separadas entre si por tiempo).

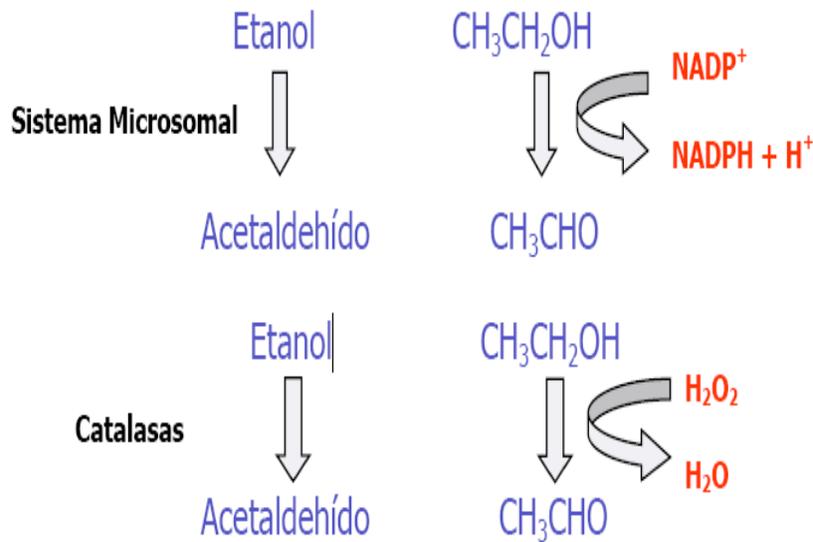


FIG. 3. Vías metabólicas de alcohol etílico (sistema MEOS y Catalasas).

Existe una tercera vía de oxidación de alcohol etílico la vía de las catalasas, que catalizan la oxidación del etanol, con gran predominio en los microsomas hepáticos (4).

Distribución: Una vez que se absorbe el alcohol por el organismo se da un proceso de distribución hística que va a ser regulado por la concentración de agua y la del alcohol

con respecto a la sangre, ya que este proceso de reparto se realiza a diferentes velocidades y la concentración de alcohol es difícil que responda a la que teóricamente le corresponde con respecto a su cantidad de agua. Este hecho es importante cuando se analiza el alcohol en diferentes fluidos, incluso en la misma sangre (6, 18).

Esto se explica refiriendo que el alcohol es soluble en agua y la corriente sanguínea lo lleva rápidamente a todas las partes del cuerpo, donde se absorbe en los tejidos en proporción a su contenido de agua, pero no es transformado al ser absorbido por los jugos gástricos si no que pasa en forma directa a la sangre que lo difunde en los diferentes tejidos (18).



FIG 4. Metabolismo del alcohol en el organismo.

La concentración de alcohol en la fase de distribución dependerá de la fase en que se encuentre el proceso de metabolismo del alcohol.

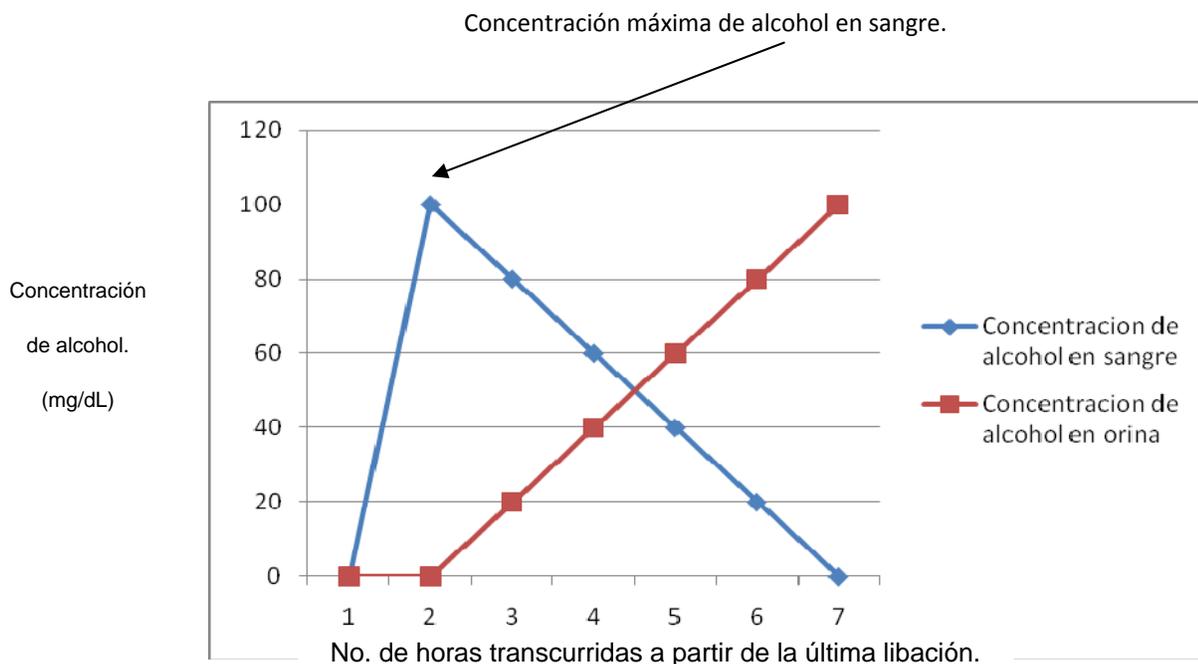
Eliminación: Entre el 2 y el 10% del etanol ingerido se elimina sin metabolizar, principalmente por orina (3%), aire expirado (0.7%) y sudor (menos del 0.1%). Debido a que existe una equivalencia conocida entre el alcohol en sangre y en aire expirado. La mayoría del alcohol consumido (90-98%) se elimina al ser metabolizado por el hígado.

La eliminación del alcohol es dependiente de la cantidad ingerida, edad, el género, alimentación, que son factores que obligadamente deben ser tomados en cuenta para cualquier retrospectiva de la cuantificación del alcohol en sangre (6, 18).

Curva de alcoholemia

Representa la evolución desde la ingesta de alcohol, pasando por su concentración sanguínea máxima, hasta su eliminación (6,8).

Gráfica de las concentraciones de alcohol en sangre y orina.



En la gráfica anterior, se muestra el metabolismo del alcohol a partir de la última toma, en la que se puede observar la concentración máxima de alcohol en sangre y en orina las cuales son inversamente proporcionales, y se unen a la mitad de la concentración en un determinado momento. En esta gráfica podemos ejemplificar el hecho de que si se extrae una muestra de orina a las dos horas después de que se inició la ingesta de alcohol, el resultado saldrá en cero, lo cual se contrapone a la realidad ya que si se extrae una muestra de sangre al mismo sujeto y a la misma hora observaremos que la concentración de alcohol será de 100 mg/dl.

1. **Absorción**, depende principalmente del número de libaciones (tomas). En la curva de alcoholemia se refleja como una pendiente más empinada en función de la velocidad de difusión.

La máxima absorción se encuentra indicada con una flecha, representando la concentración sanguínea máxima.

2. **Equilibrio de difusión**, una vez que el alcohol llega a la sangre, se difunde a los tejidos en función de la cantidad de agua de los líquidos extra e intracelulares.

Al llegar al punto de equilibrio, se forma dentro de la curva de alcoholemia un vértice, cuando el alcohol que pasa de la sangre a los tejidos es inmediatamente catabolizado.

La pérdida de alcohol en los tejidos, se repone con una nueva situación de equilibrio con la sangre y una caída de la concentración de alcohol en esta.

El resultado será una curva descendente cuya pendiente dependerá de la velocidad del catabolismo hístico.

Existirá una meseta cuando la fase de absorción no se ha concluido y la cantidad de alcohol que llega al tubo digestivo se equilibra con la que difunde a los tejidos, es decir, se metaboliza la misma cantidad que se absorbe.

3. **Eliminación**, el 90 al 98% del alcohol se metaboliza por oxidación en el hígado y un 2 a 10% se elimina sin modificación por distintos órganos y aparatos.

El metabolismo del alcohol *postmortem* es mínimo o producción endógena de 1-2g/día (concentración 0,1 g/L) (19).

Métodos para determinar etanol (alcohol etílico) en muestras biológicas.

La determinación de alcohol etílico y sustancias volátiles son de las pruebas de mayor importancia y que se realizan de manera rutinaria. Básicamente se realizan dos pruebas, una presuntiva mediante una técnica de microdifusión y una prueba confirmativa mediante cromatografía de gases con inyección de Headspace, utilizando una calibración por estándar interno y con una dilución de la muestra de 1:5.

Técnica de microdifusión.

Es un sistema cerrado (Cámara de Conway), en la cual el etanol es separado de la matriz biológica, mediante la acción de calor y un agente liberador, para ser absorbido, en otro compartimento de la cámara de Conway, donde el etanol reacciona con una solución ácida de dicromato de potasio (reactivo de Anstie) mediante un proceso de oxido-reducción, para dar una serie de colores que van del amarillo (color original del reactivo) que nos indica que no hay reacción, al azul, dependiendo de la cantidad del etanol que se encuentre en la muestra. La absorbancia del compuesto formado puede ser utilizada para realizar una determinación semicuantitativa en un espectrofotómetro de luz ultravioleta para hacerse visible (20).

CAMARA DE MICRODIFUSION DE CONWAY

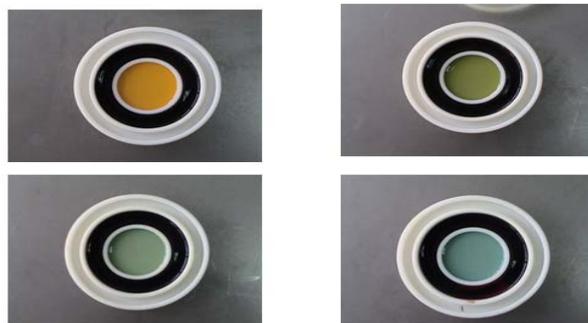


FIG.5 Cámara de microdifusión.

La interpretación de la determinación de etanol por esta técnica, debe considerarse como una prueba presuntiva, debido a su baja especificidad, alcoholes primarios y secundarios, así como el acetaldehído pueden dar una prueba como positiva, por lo que es necesario confirmar cualquier resultado positivo. Sin embargo los resultados negativos son confiables y pueden utilizarse para diferenciar las pruebas positivas de las negativas, para su posterior análisis.

Cromatografía de gases.

Las técnicas de cromatografía, son técnicas que nos permiten separar mezclas complejas, mediante la partición de una sustancia, entre una fase móvil que se refiere a un gas inerte y a una fase estacionaria que se encuentra embebida dentro de una columna, las sustancias separadas se muestran como curvas Gaussianas (picos), por lo que es posible calcular la concentración de cada una de las sustancias, calculando el área bajo la curva (10,21).

En el caso específico de sustancias volátiles, se utiliza un inyector especial conocido con el nombre de inyector de Headspace o “inyector de espacio de cabeza”, el cual permite inyecciones más limpias, rápidas y reproducibles de sustancias volátiles, respecto a la inyección directa (10,21).

Para la determinación de etanol, y sustancias volátiles en muestras biológicas, se diluye la muestra 1 a 5 en una solución que contiene el estándar interno y se elige una temperatura de 60 °C para el calentamiento en el Headspace con el fin de evitar las reacciones de oxidación de etanol y tener, en consecuencia, más reproducibilidad.

Un cromatógrafo de gases esta constituido por:

1. Un suministro y una entrada de gas portador.
2. Puerto de inyección.
3. Columna normalmente localizada en el interior de una cámara termostaticada (horno).

4. Detector.

5. Sistema computarizado para analizar, registrar e imprimir el cromatograma (grabadora).

Los procesos cromatográficos tienen lugar como resultado de repetidas adsorciones y desorciones durante el movimiento de los componentes de la muestra a lo largo de la fase estacionaria, alcanzándose la separación gracias a las diferencias en los coeficientes de distribución de los distintos componentes de la muestra.

La grabadora registra gráficamente una curva para cada uno de los compuestos en estado gaseoso, los cuales son separados en la cromatografía, a un tiempo específico de retención. La cromatografía como técnica analítica instrumental es capaz de proporcionar información tanto cualitativa como cuantitativa acerca de la composición de la muestra. Además, las especies separadas se pueden caracterizar empleando los detectores apropiados.

Cromatógrafo de gases con inyector de Headspace



FIG. 6 Cromatógrafo de gases con inyector de Headspace.

Estado de ebriedad.

Se entiende por estado de ebriedad al conjunto de fenómenos psíquicos y somáticos ocasionados por la ingesta aguda de alcohol (3,6).

Para determinar un estado de ebriedad es importante recalcar que cualquier estudio químico toxicológico realizado en una persona viva es solo un procedimiento de apoyo ya que existe una tesis de jurisprudencia que determina:

“El estado de ebriedad, para su comprobación no precisa de experimentos, procedimientos o ensayos complicados si no que basta el examen hecho por los facultativos para poder afirmar su existencia” (22).

La determinación del estado de ebriedad por medio del estudio químico, es fundamental para aquellos casos en los cuales no es posible realizar un estudio clínico siendo necesario tomar una muestra, preferentemente de sangre, para poder determinar la cantidad de alcohol en el organismo de un sujeto que haya estado involucrado en algún evento traumático que tenga como consecuencia el inicio de una averiguación previa.

Es importante mencionar que alcoholemia y estado de ebriedad no son sinónimos que el primero es la concentración de alcohol en sangre y el segundo son los efectos clínicos del alcohol en un determinado individuo, independientemente de la cantidad consumida.

Esto tiene gran importancia medico legal ya que puede ser un agravante en la comisión de un delito.

El ejemplo clásico es en los casos de accidente de tránsito tipo atropellamiento en el que si al conductor del automóvil se le detecta que se encuentra en estado de ebriedad, esto será un agravante del delito, pero en caso de que el ebrio sea el atropellado, podría ser un atenuante para el conductor.

Es importante mencionar que en la practica, la muestra más utilizada es la orina y a partir de esta es de donde se inicia la controversia de si es o no posible equiparar el resultado de esta muestra al resultado de una muestra de sangre.

Interpretación de la alcoholemia.

En la interpretación de la concentración de etanol en la sangre (alcoholemia), distinguimos siete etapas (23 ,24).

Tabla 1.1 Relación concentración de alcohol en sangre y efectos clínicos.

Concentración de etanol en sangre.	Estado de influencia alcohólica.	Efectos típicos
10 a 50 mg de etanol/100ml de sangre.	Sobriedad	El comportamiento es casi normal.
30 a 120 mg/100ml de sangre.	Euforia	Sociabilidad, locuacidad y aumenta la confianza en si mismo. Hay incapacidad para conducir un automóvil.
90 a 250 mg/100 ml de sangre.	Excitación	Inestabilidad emocional, deterioro de la memoria y de la comprensión, pérdida del juicio crítico, tiempo de reacción prolongada, incoordinación muscular. Incapacidad para reaccionar ante un peligro inminente.
180 a 300 mg/100 ml de sangre.	Confusión	Hay desorientación, confusión mental, mareo, diplopía, trastornos de la percepción de colores, formas movimientos y dimensiones. Incoordinación muscular, ataxia, marcha tambaleante y lenguaje escandido.
270 a 400 mg/100ml de sangre.	Estupor	Incoordinación muscular acentuada. Incapacidad para mantenerse de pie o caminar. Sueño o estupor.

350 a 500 mg/100ml	Coma.	Inconsciencia completa; coma, anestesia, reflejos disminuidos o abolidos. Posibilidad de muerte.
450 o más mg/100ml de sangre.	Muerte	Muerte

Alcoholímetro.

El alcoholímetro es un tipo especial de hidrómetro usado para determinar el nivel de alcohol presente en un líquido. Es efectivo en la prevención de accidentes de tránsito cuando se usa para determinar si una persona excedió los límites permitidos por la ley.

El alcoholímetro es un dispositivo que al soplarle por medio de una boquilla determina la cantidad de alcohol por miligramo que se lleva en el cuerpo. En la Ciudad de México no esta permitido conducir si se excede de 0.4 mg/litro de aire espirado lo que equivale aproximadamente a 0.8 gramos por litro de sangre (5,18).

La celda que analiza el estado de ebriedad en la persona, está elaborado con distintos electroquímicos que al pasar el aire o aliento a través de ella retiene el alcohol, el cual es convertido a ácido acético; el número de electrones generados se transforma a un valor conocido a la concentración de alcohol en el aire espirado (BRAC), por sus siglas en inglés (5,18).

Sin embargo para nuestro estudio no tiene ninguna utilidad.

JUSTIFICACIÓN

No es exagerado decir que el alcohol es la sustancia de abuso que más se consume en todo el mundo, la ingesta de éste por año, es alta, y es responsable de accidentes de trabajo, bajas laborales, accidentes de tráfico, lesiones y hasta atribución de muertes, por lo tanto, posee importancia sociológica, criminológica y médico legal (5).

En la actualidad, está demostrado por estadísticas que el consumo de alcohol tiene repercusiones económicas, profesionales, familiares y de toda índole, también se sabe que dentro de los casos médico legales que están relacionados con una averiguación previa y de los cuales los más frecuentes son los hechos de tránsito, lesiones y homicidio, se está solicitando cada vez de manera más frecuente la extrapolación de la concentración de alcohol en muestras de orina para determinar la concentración de alcohol en sangre en estos sujetos, debido a que la primera muestra es más fácil de obtener y no es un método invasivo como lo es la extracción de una muestra de sangre en donde es necesario pedir autorización al presunto responsable para no violentar sus derechos humanos, y es por esto que se ha vuelto un importante problema legal, por que se sentencia o se da auto de formal prisión a personas que pudieran no estar en estado de ebriedad en el momento del hecho, sin tener un fundamento bioquímico basado en el metabolismo del alcohol y por tanto sin sustento científico ni jurídico (16, 25).

El estudio planteado anteriormente es viable, ya que se cuenta con el apoyo del Servicio Médico Forense del Distrito Federal, y factible por que esta dependencia cuenta con los recursos humanos capacitados e infraestructura tecnológica para llevarlo a cabo.

HIPÓTESIS DEL TRABAJO

Los resultados de la determinación de alcohol en sangre (alcoholemia), son los únicos que nos sustentan un probable estado de ebriedad, no así los resultados que emanan de una muestra de orina (alcoholuría), cuyos resultados solo nos indican ingesta previa de alcohol.

Por tanto, la muestra biológica adecuada e idónea para establecer la cantidad de alcohol e influencia alcohólica de ésta y el grado de ebriedad en un sujeto determinado, es la sangre y no la orina.

OBJETIVOS

General

Demostrar que el estudio químico idóneo que respalda una sintomatología clínica de estado de ebriedad es la determinación de alcohol en una muestra de sangre y no con determinación de alcohol en muestra de orina, ya que estos fluidos no son equiparables.

Específicos

1. Determinar que la extrapolación de los resultados de la concentración de alcohol en orina a los de la concentración de alcohol en sangre es errónea.
2. Determinar que la muestra idónea para establecer un estado de ebriedad es la sangre y no la orina, la cual solo indica el consumo de alcohol, independientemente de la cantidad que se encuentre.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal, comparativo y analítico, en las instalaciones del Servicio Médico Forense del Distrito Federal.

Se eligieron cadáveres que ingresaron al Servicio Médico Forense del D.F. en los turnos matutino y vespertino en un periodo de cuatro meses, de ambos sexos, entre 18 y 70 años de edad y de los cuales se pudo obtener muestra de sangre y orina, con cualquier causa de muerte.

Se eliminaron todos los cadáveres provenientes de centros hospitalarios, en estado de putrefacción, los que no cumplían con el promedio de edad y en los cuales no se pudieron obtener las muestras requeridas.

Para la realización de este estudio se requirió de lo siguiente: tubos de plástico con rosca de 10 ml, jeringas de 10 ml, agujas, pipetas, guantes de látex, etiquetas, gradillas, cromatógrafo.

Una vez que se tuvo a la vista el cadáver se procedió a la toma de las muestras de la siguiente manera:

Muestra de sangre.

La recolección de la muestra se realizó durante el proceso de necropsia al tener acceso a la cavidad torácica, se localizó pericardio y se realizó una incisión en su cara anterior, teniendo a la vista el ventrículo izquierdo, se realizó una punción con una jeringa de plástico de 10 ml y se extrajo sangre de esta cavidad, la cual se colocó en un tubo de 10 ml de plástico, el que fue etiquetado y cerrado herméticamente (tapón de rosca) se colocó en una gradilla y se transportó al laboratorio de química en donde se procesó mediante la técnica confirmativa de Cromatografía de gases con inyección de Headspace.

Muestra de orina.

Durante el mismo procedimiento de necropsia se revisó la integridad de la vejiga y la presencia de orina, enseguida se traccionó la cara anterior de la vejiga y se puncionó con una jeringa de 10 ml con aguja para extraer la muestra biológica sin contaminar; ésta se colocó en tubo de plástico de 10 ml, se cerró herméticamente (tapa rosca) para evitar contaminación, se etiquetó, se colocó en una gradilla y se transportó al laboratorio de química en donde fué procesada mediante la técnica confirmativa de Cromatografía de gases con inyección de Headspace.

Descripción de la técnica.

Técnica confirmativa de Cromatografía de gases con inyección de Headspace, requirió el siguiente material.

- a. Material de vidrio (pipetas, matraces etc....)
- b. Tanques de nitrógeno, hidrogeno y aire grado cromatográfico.
- c. Viales compatibles con el inyector de Headspace de 20 ml.
- d. Septas (tapón de goma) de 20 mm y tapas de 20 mm.
- e. Engargoladora manual.
- f. Columna capilar DB-624, de 30 metros de largo por 0.32 mm de diámetro externo por 1.8 micras de ancho de película.
- g. Cromatógrafo de gases Agilent 6890 N con un detector FID y un inyector por Headspace Agilent G1888.

Determinación de alcohol etílico en las muestras por cromatografía de gases.

Se determinarán las condiciones del cromatógrafo de gases a nivel del horno, puerto de inyección, columna y detector.

- a) Se determinó la presión de los gases (nitrógeno, hidrogeno y aire) en el tanque y en la salida.
- b) Se determinaron las condiciones del Headspace, es decir el tiempo, la temperatura y la presión en caso necesario, en el vial, en la línea de transferencia, ciclo GC, y del gas acarreador.
- c) Se prepararon los reactivos para los cuales se utilizó el agua destilada.
- d) Se preparó la solución del estándar interno en un matraz aforado con 233 ul de isobutamol y se aforó a un litro.
- e) Se prepararon los estándares de referencia (que son los puntos de referencia que se conocen como sustancias stock); la primera de benceno y tolueno más acido acético glacial y se colocó en un vial de 20 ml, se selló con parafilm y guardó a 4°C.; la segunda de metanol, etanol, acetona y propanol y se aforó en un matraz con agua destilada a 50 ml, se selló con parafilm y guardó a 4°C; la tercera y ultima es la solución stock del estándar interno con isobutanol más agua destilada y aforó a 50 ml en un matraz.
- f) Se prepararon estándares con 0.4 ml de sangre negativa en un vial mas 1.6 ml de cada una de las soluciones de los estándares de referencia previamente preparados, se colocó la septa, se tapó y se selló con la engargoladora. Se obtuvieron estándares con las siguientes concentraciones en **mg/dL** de etanol.

Estándar	1	2	3	4	5	6
Etanol	50	100	150	200	250	300

- g) Para la preparación de la muestra se agregaron 0.4 ml de muestra problema, se colocó en una septa para evitar evaporación, se agregó 1.6ml de la solución del estándar interno, se tapó y se selló con la engargoladora.

- h) Para el análisis, se colocaron los viales con los estándares en el carrusel del Headspace, indicándose en éste la posición inicial y final del análisis.

En la computadora en el menú RUN control, seleccionar SAMPLE INFO, en esta sección, indicándose el nombre y el lugar donde se guardarían los resultado indicando la corrida de los estándares.

Se corrieron los estándares y se efectuó la calibración del equipo.

- i) Se realizaron cálculos para determinar un estándar interno y las matrices para el equipo (control del equipo), esto permitió valorar el trabajo del equipo.

Con la siguiente fórmula: **Densidad = masa / volumen**

- j) Se realizó una curva en la que se registró la concentración de alcohol en el eje de las "Y" y el área bajo la curva en el eje de las X.
- k) Posteriormente se determinó la cantidad de muestra a requerir en el vial interno (recipiente de vidrio en donde se colocan los reactivos y la muestra), por medio de la fórmula anterior.
- l) Se editó el método dentro del equipo, inicialmente editando la temperatura del vial, que es de 80, 120 hasta 130 °C, se determinó la posición del vial en el carrusel de muestras, se registró en el cromatógrafo el método y se determinó la temperatura de la rampa que es inicialmente 80 °C y se va elevando de 30 °C por minuto hasta llegar a 250 °C.
- m) Se determinó la temperatura de cromatógrafo, determinándose el volumen del gas acarreador el cual fue el nitrógeno que equivale a 15 psi, el puerto de inyección (jeringa del vial) a una temperatura de 130 a 250 °C.
- n) Se dictó secuencia del equipo (que es identificación de las muestras dentro de éste).
- o) Se corrió la muestra, el tiempo total de la corrida fue de 3 a 5 mins.

p) Se esperó resultado (cromatograma).

q) Se determinó la alcoholemia.

Aplicación de método retrospectivo utilizado en las instituciones de impartición de justicia.

Después de haber procesado las muestras obtenidas de los cadáveres por medio de cromatografía de gases con inyección de Headspace, los resultados de las muestras de orina y sangre se tabularon y se utilizaron para aplicar la fórmula de retrosección utilizada en las instituciones de impartición de justicia, la cual parte de la concentración de alcohol encontrada en la orina dividida entre el factor de corrección orina/sangre y al resultado se suma el producto del número de horas transcurridas del momento del hecho a la toma de la muestra por el factor beta, que como ya se explicó previamente, la base para realizar este cálculo es el hecho de que una vez que se ha alcanzado el equilibrio de distribución del alcohol en el organismo, el ritmo normal de metabolismo del alcohol es de 12 a 20 mg/hora, es decir con un promedio de 15 mg/hora, ritmo que es conocido como factor "beta" de Widmark, y su expresión es:

$$\text{C.C.A.} = \text{C.s} + (\text{factor beta} \times \text{No. de horas})$$

Donde:

C.C.A. es igual al cálculo de la concentración alcohólica.

C.s, es la concentración sanguínea que resulta del resultado de dividir la concentración de alcohol en orina (alcoholuría) entre 1.3 que es el factor de corrección orina/sangre.

Factor beta de Widmark, el cual tiene un valor promedio de 15mg /hora.

Número de horas, se toman a partir del momento del hecho a la toma de la muestra.

Por tanto a cada muestra se le aplicó esta fórmula para hacer la retrosección quedando de la siguiente manera:

Ejemplo para la muestra No. 1.

Valores.

Concentración de alcohol en orina: 173.8, horas transcurridas desde el momento del hecho al de la toma de la muestra: 19.5

Sustitución.

$$C.C.A = 173.8 / 1.3 + (15 \times 19.5)$$

$$C.C.A = 133.69 + (292.5)$$

$$C.C.A = 426.19$$

Pero como esta fórmula tiene un rango de error del 25% se aplica la siguiente regla de tres.

$$426.19 \text{-----} 100\%$$

$$X \text{-----} 25\%$$

por tanto: $X = (426.19 \times 25) / 100$

$$X = 106.54$$

El resultado final de la retrospección sería:

426.19 +/- 106.54 por tanto la

$$C.C.A = 426.19 + 106.54 = 532.73$$

$$C.C.A = 426.19 - 106.54 = 319.65$$

Finalmente ambos resultados se confrontarán con el resultado de la concentración de alcohol encontrada en sangre por medio del cromatógrafo y se vió el grado de variabilidad de los resultados para el análisis final.

El procedimiento anterior se aplicó a cada una de las muestras obtenidas en este trabajo.

Análisis de un caso real.

Problema planteado: Dictaminar si un presunto responsable, al momento en que ocurrieron los hechos, se encontraba en estado de ebriedad.

Utilización de las fórmulas para realizar la retrospección que resulta positiva para alcohol en orina para extrapolarse a la concentración de alcohol en sangre.

Caso control.

Muestra de orina; presenta una concentración de alcohol en orina tomada en una determinada fecha, de 16 mg/100 ml de orina.

Hora del hecho: 21 hrs.

Hora de toma de la muestra: 9 hrs. (del día siguiente)

Tiempo transcurrido entre la hora del hecho y la toma de la muestra: 12 hrs.

Para efecto de poder obtener una concentración sanguínea aproximada, es necesario tener:

1. Examen de alcoholuría
2. Aplicación de la fórmula **C.C.A.= C.s. + (factor beta x numero de horas)**, cuya base de este calculo es el hecho de que una vez que se ha alcanzado el equilibrio de la distribución de alcohol en el organismo, el ritmo normal de eliminación es de 12 a 20 mg/hora, con un promedio de 15 mg/ hora, ritmo que es conocido como factor "beta" de Widmark.

Aplicación de la fórmula.

$C.C.A. = 16\text{mg}/100\text{ ml de orina} / 1.3 + (15\text{mg}/\text{hora} \times 12\text{ horas})$

$C.C.A. = 12.30 + 180 = 192.3\text{ mg}/100\text{ ml de sangre}$

3. Aplicación del factor de variabilidad del 25 % +/-, el cual, en la práctica común se aplica restándolo, por lo que tenemos lo siguiente:

192.3 mg-----100%

X ----- 25%

Esto es igual a 48.075, lo cual se resta a 192.3

$192.3 \text{ mg} - 48.07 \text{ mg} = 144.23 \text{ mg}/100 \text{ mg de sangre.}$

El resultado final es de 144.23 mg de alcohol por 100 ml de sangre.

4. Interpretación: de acuerdo a la aplicación de la fórmula y la retrospección, se dice que en el momento de hecho, el presunto responsable tenía una concentración sanguínea de **144.23 mg/100 ml en sangre.**

En este experimento se tomó una muestra de sangre en el momento del hecho detectando una **alcoholemia real de 48 mg / 100 ml de sangre**

Como puede observarse en este ejemplo real, la utilización de la fórmula tal como se realiza en las instituciones de impartición de justicia, se hace de manera errónea dando resultados que no concuerdan con la realidad, sin fundamento científico alguno y por consiguiente emitiendo conclusiones que provocan errores en la administración y procuración de Justicia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos de las muestras de sangre y orina de cadáveres estudiados en el Servicio Médico Forense se procesaron en SPSS-versión 13 y en Excel-2007; se elaboró la base de datos correspondiente, se realizaron las corridas estadísticas pertinentes y se diseñaron los cuadros y gráficos necesarios para su adecuada presentación.

Las variables de género y causa de muerte se analizaron mediante números absolutos y porcentajes, mientras que para la concentración de alcohol en sangre y orina, los valores obtenidos mediante la fórmula de predicción y las horas transcurridas entre el tiempo de muerte y la toma de muestra se analizaron mediante la determinación de la media y la desviación estándar, calculando las diferencias de medias para muestras pareadas (alcohol en orinas vs alcohol en sangre) y para muestras independientes por género, edad, tiempo transcurrido entre el fallecimiento y la toma de muestra y causa de muerte. Los resultados se presentan en las tablas 1 a 6 y gráficos 1 a 6.

RESULTADOS

Con el propósito de identificar la validez y confiabilidad de la fórmula de predicción, que permite calcular la concentración de alcohol en sangre (alcoholemia) a partir de su determinación en orina (alcoholuria), se realizó un estudio observacional, transversal, comparativo y analítico en cadáveres con cualquier causa de muerte, de los que se obtuvieron muestras de sangre y orina; el estudio se realizó en las instalaciones del Servicio Médico Forense del Distrito Federal.

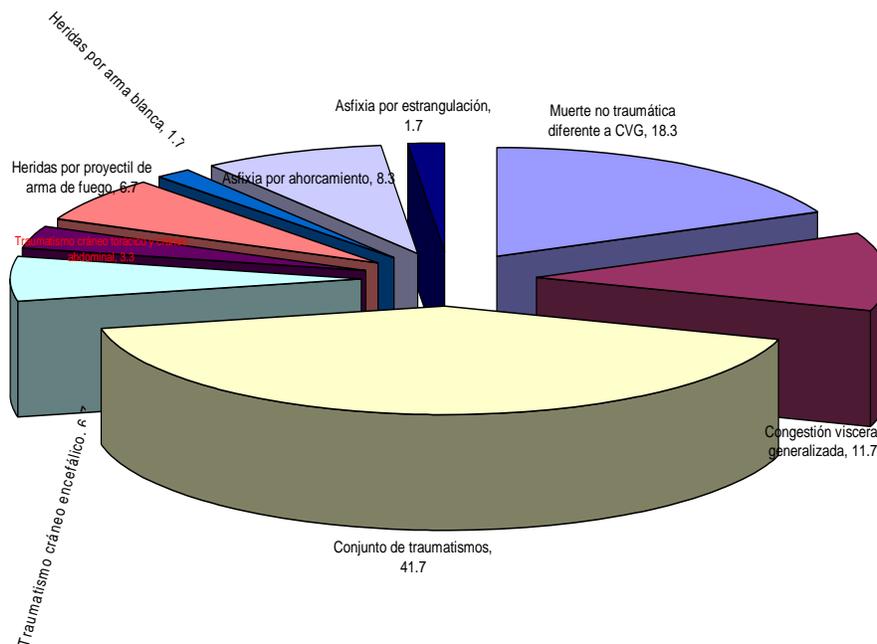
Las características generales de la muestra se presentan en las Tablas 1 y 2, donde se consignan el número y porcentaje de los datos cualitativos, género, causa de muerte y las medias y desviaciones estándar de las variables cuantitativas como son edad, concentración de alcohol en sangre (CAs), concentración de alcohol en orina (CAo), media de la CAs mediante fórmula (MCAf), valor máximo de CAs mediante fórmula (MaxCAf), valor mínimo de CAs mediante fórmula (MinCAf) y horas entre el hecho y la toma de muestra, encontradas en los 60 cadáveres que integraron la muestra de este estudio.

Tabla 1. Características generales de la muestra. Datos cualitativos (n = 60)

Variable	Número	Porcentaje
Género		
Masculino	57	95.0
Femenino	3	5.0
Causa de muerte		
Muerte no traumática diferente a CVG	11	18.3
Congestión visceral generalizada	7	11.7
Conjunto de traumatismos	25	41.7
Traumatismo craneo encefálico	4	6.7
Traumatismo craneo torácico y craneo abdominal	2	3.3
Heridas por proyectil de arma de fuego	4	6.7
Heridas por arma blanca	1	1.7
Asfixia por ahorcamiento	5	8.3
Asfixia por estrangulación	1	1.7

La mayor parte de cadáveres estudiados correspondió al género masculino (95%); la principal causa de muerte ocurrida en esta muestra es “conjunto de traumatismos” (41.7%), seguida por “muerte no traumática diferente a congestión visceral generalizada” (18.3%) y “congestión visceral generalizada” (11.7%); el resto de causas de muerte se observan en la tabla 1 y gráfico 1

Gráfico 1. Causa de muerte en los 60 cadáveres integrantes de la muestra



En la Tabla 2 se muestran las medias de la edad y del número de horas transcurridas entre el fallecimiento y la toma de muestra; también se observan los valores de la concentración de alcohol en sangre, orina y al aplicar la *Fórmula de predicción*, tanto para el valor promedio como para la variabilidad de +/- 25% (Gráfico 2); llama la atención que la CAs es la que tiene el menor valor (270.06 g/dL) y que éste se encuentra fuera del rango de los valores calculados con la fórmula (330.42 – 440.55 g/dL) y más próximo al valor neto de la CAo (322.15 g/dL); las diferencias entre todos estos valores, al considerar las muestras pareadas, son estadísticamente significativas ($p = .0001$, $p = .0001$, $p = .004$ y $p = .014$) y por tanto puede concluirse la certeza de

la hipótesis de trabajo que señala la falta de validez y especificidad de la *Fórmula de predicción* para el cálculo de las CAs a partir de la CAo.

Tabla 2. Características generales de la muestra. Datos cuantitativos (n = 60)

Variable	Media ¹	Desviación Estándar (S)
Edad	38.37	14.20
Concentración de alcohol en sangre (CAs, g/dL)	270.06	213.77
Concentración de alcohol en orina (CAo, g/dL)	322.15	259.17
Media de las CAs (g/dL) mediante fórmula ²	440.55	231.38
Valor máximo de CAs (g/dL) mediante fórmula ³	550.69	289.23
Valor mínimo de CAs (g/dL) mediante fórmula ⁴	330.42	173.54
Horas entre el hecho y la toma de muestra	12.85	5.58

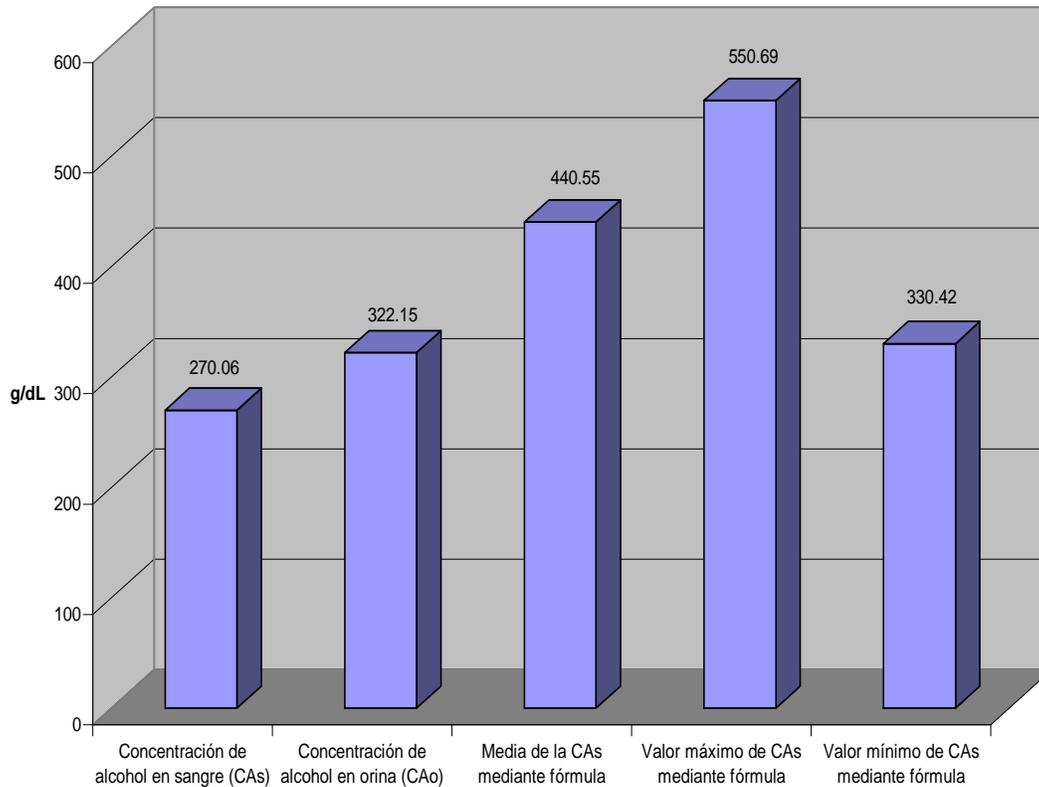
1. Diferencia de medias para muestras pareadas. Concentración de alcohol en sangre vs Media de la concentración de alcohol mediante fórmula (CAs vs MedCAf), $p = .0001$; Concentración de alcohol en sangre vs Valor máximo de concentración de alcohol mediante fórmula (CAs vs MaxCAf), $p = .0001$; Concentración de alcohol en sangre vs Valor mínimo de concentración de alcohol mediante fórmula (CAs vs MinCAf), $p = .004$; Concentración de alcohol en sangre vs Concentración de alcohol en orina (CAs vs CAo), $p = .014$

2. *Fórmula de predicción*: $CCAs = CAo/K + ((Factor \beta)(H))$; donde, CCAs = Cálculo de la concentración de alcohol en sangre; CAo = Concentración de alcohol en orina; K = Constante, 1.3; Factor β = Constante, 15; H = Número de horas transcurridas entre el hecho y la toma de muestra.

3. CCAs + .25

4. CCAs - .25

Gráfico 2. Concentraciones de alcohol en sangre y orina. Toda la muestra (n = 60)



No obstante lo anterior y con el propósito de profundizar en las posibles diferencias o semejanzas entre los valores de las concentraciones de alcohol en sangre y orina y su comparación mediante el uso de la *Fórmula de predicción* se procedió a realizar el análisis estadístico para muestras independientes por género, edad, tiempo transcurrido entre el fallecimiento y la toma de muestra y causa de muerte, para identificar el posible efecto de estos factores en la determinación de la concentración de alcohol. Los resultados se observan en las Tablas 3 a 6 y Gráfico 3 a 6.

Tabla 3. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por tipo de género.

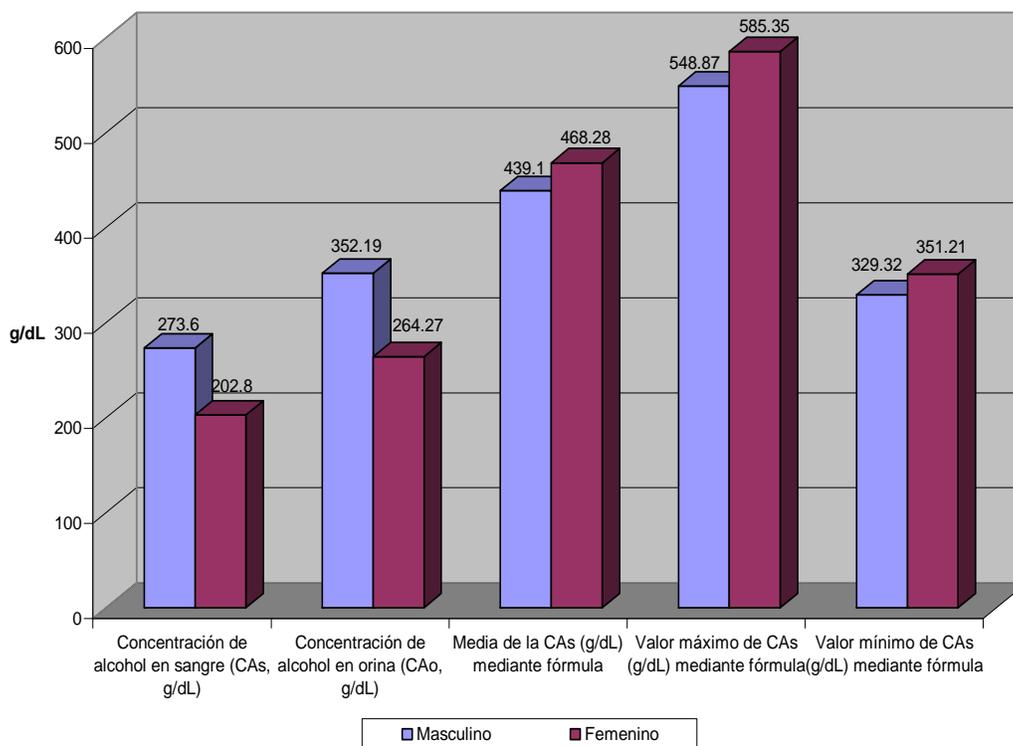
Variables	Masculino ¹		Femenino ²	
	n = 57		n = 3	
	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.
Concentración de alcohol en sangre (CAs, g/dL)	273.60	215.58	202.80	199.17
Concentración de alcohol en orina (CAo, g/dL)	352.19	261.84	264.27	237.78
Media de la CAs (g/dL) mediante fórmula	439.10	230.60	468.28	298.68
Valor máximo de CAs (g/dL) mediante fórmula	548.87	288.25	585.35	373.34
Valor mínimo de CAs (g/dL) mediante fórmula	329.32	172.95	351.21	224.01

1. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -3.958$, $p = .0001$; (CAs vs MaxCAf), $t = -5.774$, $p = .0001$; (CAs vs MinCAf), $t = -1.522$, $p = .131$, ns; (CAs vs CAo), $t = -1.149$, $p = .253$, ns

2. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -1.281$, $p = .279$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -1.56$, $p = .214$, ns; (CAs vs MinCAf), $t = -0.858$, $p = .439$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.343$, $p = .749$, ns

Como se desprende del análisis de la Tabla 3 y Gráfico 3, al considerar las diferencias de medias para muestras independientes, en el género masculino, con 57 cadáveres, hay semejanzas entre CAs vs MinCAf ($t = -1.522$, $p = .131$, ns) y CAs vs CAo ($t = -1.149$, $p = .253$, ns), en lo que parece ser un comportamiento consistente. En el género femenino hay semejanzas entre las cuatro determinaciones, lo que podría ponderarse por el tamaño de muestra de este grupo y por tanto no puede aseverarse que la *Fórmula de predicción* muestra mayor validez y confiabilidad en el género femenino y en los valores medio, máximo y directo en orina, aunque podría considerarse como un dato que requiere mayor investigación, pero ya podemos ir observando que la *fórmula de predicción* empieza a tener variaciones.

Gráfico 3. Concentraciones de alcohol, por género



Por lo que se refiere a la edad de los cadáveres estudiados, se procedió a generar tres grupos a partir de la media de toda la muestra (38.37 años), el primero de 18 a 24 años de edad (media menos una desviación estándar), el segundo grupo entre 25 y 53 años (media, mas una desviación estándar) y el tercer grupo de 54 a 70 años (media mas dos desviaciones estándar); los resultados se observan en la Tabla 4 y Gráfica 4

Al analizar las diferencias de medias se observan semejanzas en tres de las cuatro comparaciones (excepto contra el valor máximo) cuando se trata del grupo de 18 a 24 años y del de 54 a 70 años y en la CAs vs MinCAf y CAo en el grupo de 25 a 53 años, datos que señalan la posibilidad de que la *Fórmula de predicción* sea de utilidad al emplear como estándar de comparación la CAo y/o el valor mínimo que se obtiene al aplicar dicha fórmula, aunque al parecer el tamaño de muestra puedes ser importante factor de sesgo, pero nuevamente observamos que desde el punto de vista estadístico.

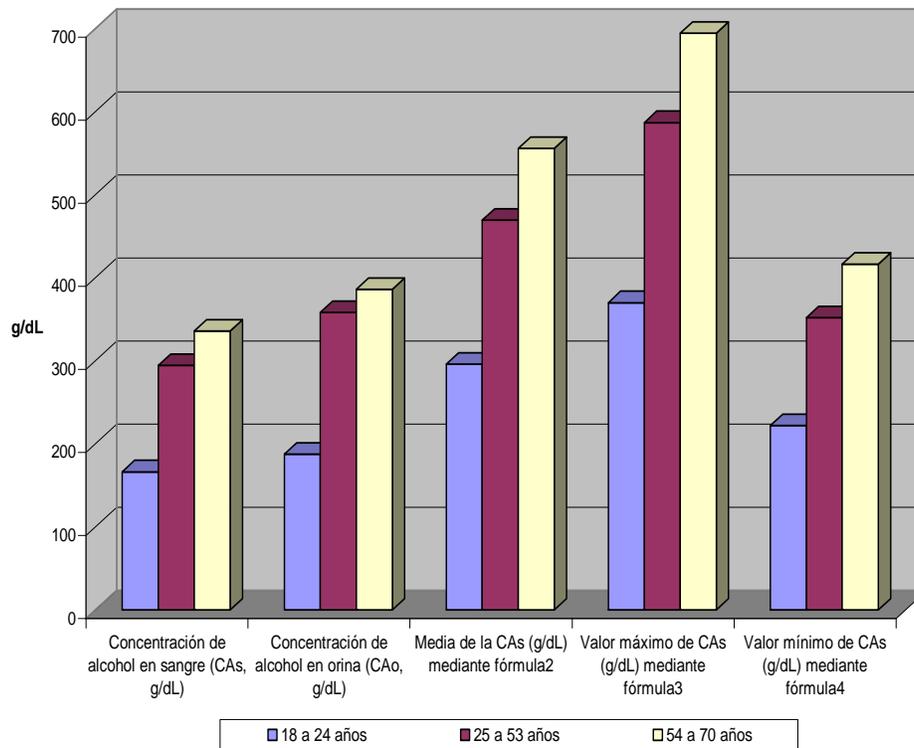
Tabla 4. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por grupo de edad.

Variables	18 a 24 años ¹		25 a 53 años ²		54 a 70 años ³	
	n = 14		n = 38		n = 8	
	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.
Concentración de alcohol en sangre (CAs, g/dL)	166.49	213.97	294.33	199.79	336.02	243.98
Concentración de alcohol en orina (CAo, g/dL)	187.87	202.87	358.19	251.19	385.92	329.29
Media de la CAs (g/dL) mediante fórmula	296.12	176.31	469.54	210.83	555.61	311.71
Valor máximo de CAs (g/dL) mediante fórmula	370.15	220.39	586.93	263.54	694.51	389.63
Valor mínimo de CAs (g/dL) mediante fórmula	222.09	132.23	352.16	158.12	416.71	233.78

1. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -1.749$, $p = .092$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -2.481$, $p = .02$; (CAs vs MinCAf), $t = -0.827$, $p = .417$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.271$, $p = .788$, ns
2. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -3.719$, $p = .0001$; (CAs vs MaxCAf), $t = -5.454$, $p = .0001$; (CAs vs MinCAf), $t = -1.399$, $p = .166$, ns; (CAs vs CAo), $t = -1.227$, $p = .224$, ns
3. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -1.569$, $p = .139$; (CAs vs MaxCAf), $t = -2.206$, $p = .045$; (CAs vs MinCAf), $t = -0.675$, $p = .51$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.344$, $p = .736$, ns

Conforme estos resultados, es posible que la Fórmula de predicción tendiera a mostrar mayor validez y confiabilidad en cadáveres de menor edad (18 a 24 años) y en los valores mínimo y directo en orina, aunque dado que estas semejanzas no se presentan de manera consistente, particularmente en el grupo de edad con mayor tamaño de muestra (25 y 53 años, $n = 38$), puede concluirse que la edad de los sujetos no es una variable que modifique de manera sustancial la validez y confiabilidad de la Fórmula de predicción.

Gráfico 4. Concentración de alcohol, por grupos de edad



En la Tabla 5 y Gráfico 5 se consignan los resultados de las concentraciones de alcohol en los 60 cadáveres estudiados, según la causa de muerte. Como se observa, en la mayor parte de causas y para las cuatro comparaciones existen semejanzas en los valores de concentración de alcohol tanto experimentales como calculados; son excepción de esto, la comparación entre CAs contra MaxCAf, para la causa Muerte no traumática diferente a CVG ($t = -2.734$, $p = .013$), contra MedCAf y MaxCAf para la causa Conjunto de traumatismos ($t = -2.602$, $p = .012$ y $t = -3.858$, $p = .0001$, respectivamente) y contra MaxCAf para asfixia por ahorcamiento ($t = -2.391$, $p = .046$)

Lo anterior, si bien no descarta la hipótesis de trabajo que establece la poca validez y confiabilidad de la *Fórmula de predicción*, apunta hacia la posibilidad de que exista una mejor relación entre los valores obtenidos por la determinación directa de alcohol en sangre y orina o cuando al aplicar la multicitada *Fórmula de predicción*, se considere el valor mínimo de la media menos 25%.

Tabla 5. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por causa de muerte

Variables	No traum. dif. a CVG ¹		CVG ²		Conjunto de traumatismos ³		Traumatismo craneo encefálico ⁴		Traum. craneo torácico y abdom ⁵		Heridas por proy. de arma de fuego ⁶		Asfixia por ahorcamiento ⁷	
	n = 11		n = 7		n = 25		n = 4		n = 2		n = 4		n = 5	
	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.
(CAs, g/dL)	362.96	271.91	236.19	224.51	277.51	219.26	286.64	144.82	241.00	12.73	242.48	228.32	168.16	116.42
(CAo, g/dL)	415.79	281.40	255.03	258.97	328.42	254.25	545.44	370.19	232.00	141.42	215.73	210.88	218.32	150.84
Media de la CAs (g/dL)	538.02	207.21	374.03	248.75	439.23	220.21	682.07	360.47	373.46	267.88	340.32	176.96	301.44	125.26
Valor máximo de CAs (g/dL)	672.52	259.01	467.54	310.94	549.04	275.26	852.58	450.59	466.83	334.86	425.41	221.20	376.80	156.57
Valor mínimo de CAs (g/dL)	403.51	155.41	280.52	186.56	329.42	165.16	511.55	270.35	280.10	200.91	255.25	132.72	226.08	93.94

1. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -1.698$, $p = .106$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -2.734$, $p = .013$; (CAs vs MinCAf), $t = -0.429$, $p = .673$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.448$, $p = .659$, ns

2. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -1.088$, $p = .298$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -1.596$, $p = .139$, ns; (CAs vs MinCAf), $t = -0.402$, $p = .695$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.145$, $p = .887$, ns

3. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -2.602$, $p = .012$; (CAs vs MaxCAf), $t = -3.858$, $p = .0001$; (CAs vs MinCAf), $t = -0.946$, $p = .349$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.758$, $p = .452$, ns

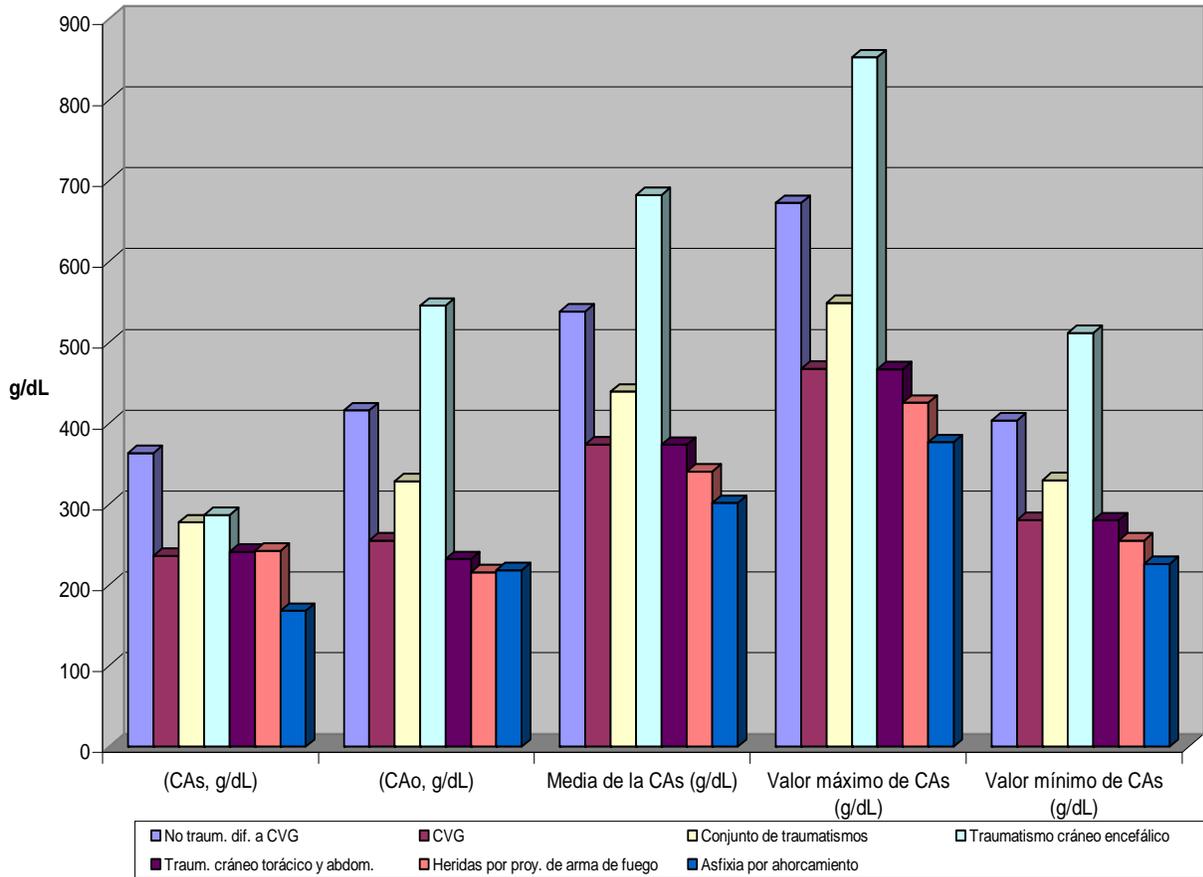
4. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -2.036$, $p = .112$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -2.392$, $p = .082$, ns; (CAs vs MinCAf), $t = -1.467$, $p = .207$, ns; (CAs vs CAo), $t = -1.302$, $p = .265$, ns

5. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -0.699$, $p = .611$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -0.953$, $p = .515$, ns; (CAs vs MinCAf), $t = -0.275$, $p = .829$, ns; (CAs vs CAo), $t = 0.09$, $p = .943$, ns

6. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -0.667$, $p = .525$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -1.151$, $p = .294$, ns; (CAs vs MinCAf), $t = -0.097$, $p = .927$, ns; (CAs vs CAo), $t = 0.172$, $p = .869$, ns

7. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -1.743$, $p = .12$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -2.391$, $p = .046$; (CAs vs MinCAf), $t = -0.866$, $p = .413$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.589$, $p = .573$, ns

Gráfico 5. Concentraciones de alcohol por causa de muerte



Finalmente, en la Tabla 6 y Gráfico 6 se presenta la concentración de alcohol en sangre, orina y calculada, en tres grupos según el tiempo transcurrido entre el momento del deceso y el de la toma de muestras. Los tres grupos conformados se hicieron de manera similar a lo descrito para la variable edad. A partir de la media de toda la muestra (12.85 horas), el primer grupo se integró con los casos de menos de siete horas (media menos una desviación estándar), el segundo grupo entre siete y dieciocho horas (media, mas una desviación estándar) y el tercer grupo de más de dieciocho horas (media mas dos desviaciones estándar).

Se observa que cuando la determinación de la concentración de alcohol se realiza dentro de las primeras siete horas, no existen diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las cuatro comparaciones; si la determinación se realiza entre las siete y las dieciocho horas, se presentan diferencias significativas en el valor medio y máximo de la *Fórmula de predicción*

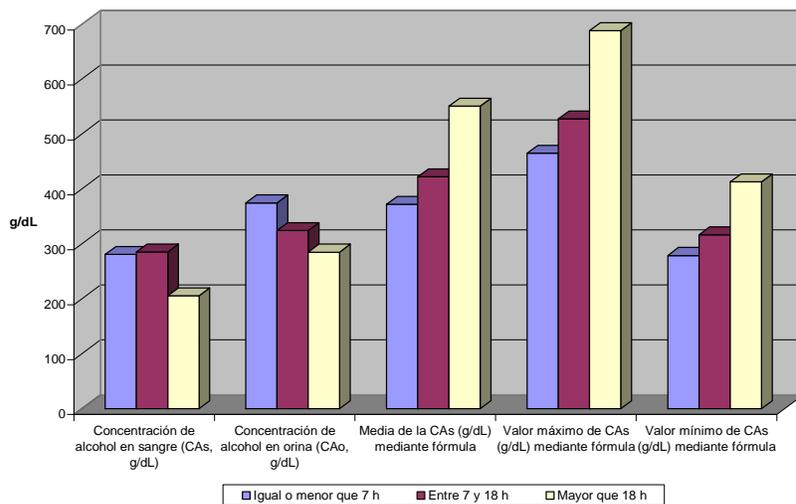
y si se realiza luego de las dieciocho horas, sólo hay semejanza entre la CAs y la CAo ($t = -0.843$, $p = .411$).

Tabla 6. Comparación de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculada, por tiempo transcurrido entre el hecho y la toma de muestra.

Variables	= o < 7 h ¹		Entre 7 y 18 h ²		> 18 h ³	
	n = 6		n = 43		n = 11	
	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.	Media	Desv. St.
Concentración de alcohol en sangre (CAs, g/dL)	280.77	227.82	285.0 9	222.5 1	205.4 5	173.45
Concentración de alcohol en orina (CAo, g/dL)	374.40	326.92	324.3 9	254.5 0	284.8 7	260.07
Media de la CAs (g/dL) mediante fórmula	371.75	269.32	422.0 3	220.6 0	550.5 0	240.01
Valor máximo de CAs (g/dL) mediante fórmula	464.69	336.65	527.5 4	275.7 5	688.1 2	300.01
Valor mínimo de CAs (g/dL) mediante fórmula	278.81	201.99	316.5 2	165.4 5	412.8 7	180.01

1. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -0.632$, $p = .542$, ns; (CAs vs MaxCAf), $t = -1.108$, $p = .294$, ns; (CAs vs MinCAf), $t = -0.016$, $p = .988$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.576$, $p = .578$, ns
2. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -2.866$, $p = .005$; (CAs vs MaxCAf), $t = -4.487$, $p = .0001$; (CAs vs MinCAf), $t = -0.743$, $p = .459$, ns; (CAs vs CAo), $t = -0.762$, $p = .448$, ns
3. Diferencia de medias para muestras independientes (t-Student) (CAs vs MedCAf), $t = -3.865$, $p = .001$; (CAs vs MaxCAf), $t = -4.619$, $p = .0001$; (CAs vs MinCAf), $t = -2.752$, $p = .012$; (CAs vs CAo), $t = -0.843$, $p = .411$, ns

Gráfico 6. Concentración de alcohol por tiempo transcurrido entre el hecho y la toma de muestra



Estos resultados, son importantes para sustentar la hipótesis de trabajo que establece la poca validez y confiabilidad de la *Fórmula de predicción*, a pesar de que apuntan hacia la posibilidad de que exista una mejor relación entre los valores obtenidos por la determinación directa de alcohol en sangre, orina y la calculada cuando las determinaciones se hacen lo más pronto posible luego de ocurrido el hecho de ingesta abusiva de alcohol o cuando al aplicar la *Fórmula de predicción* se considera el valor mínimo de la media (menos 25%), pero aún así, los resultados no pueden ser utilizados en un Juzgado debido a que en los dictámenes periciales se requiere de que las conclusiones sean lo mas cercano a la verdad histórica de los hechos y no suposiciones mal fundamentadas.

Los resultados entre las medias de las concentraciones de alcohol en sangre, orina y calculadas, para los 60 cadáveres, difieren de manera significativa en las cuatro comparaciones posibles (CAs vs MedCAf, $p = .0001$, CAs vs MaxCAf, $p = .0001$, CAs vs MinCAf, $p = .004$ y CAs vs CAo, $p = .014$), mientras que cuando se comparan las concentraciones de alcohol por grupos según género, edad, causa de muerte y de manera muy interesante con el tiempo transcurrido entre el fallecimiento y la toma de muestra, las diferencias no son tan amplias entre la CAs y el valor mínimo o con la determinación directa de alcohol en orina, lo que pudiera hacer creer que la *Fórmula de predicción* pudiera ser válida solo en algunas circunstancias muy especiales como es el caso de usarla única y exclusivamente cuando las determinaciones de alcohol en sangre u orina se realizan dentro de las primeras siete horas y se consideran los valores de MinCAf o CAo.

Cabe mencionar que aunque estadísticamente los resultados indican que la formula puede ser parcialmente útil cuando se utiliza en ciertas circunstancias y bajo parámetros que ya se han mencionado, en la practica medico forense esto no es posible, porque como ya se menciona en el cuerpo de este trabajo el metabolismo del alcohol es fundamental para determinar un grado de alcoholemia, además de que este se ve afectado por diversos factores propios de cada individuo los cuales no se toman en cuenta en las instituciones de impartición de justicia cuando se utiliza la fórmula, por lo que no es recomendable utilizarla a discreción debido a que se ha corroborado que las curvas de absorción, metabolismo y eliminación de alcohol en sangre no es igual a la curva de eliminación observada en orina.

DISCUSIÓN

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de contribuir a una mejor impartición de justicia, ya que es indudable que el alcohol es una sustancia que juega un papel importante en diversos hechos de carácter delictivo, socioeconómicos y sanitarios, una posible explicación radica en que es de fácil adquisición, socialmente aceptada, de tradición cultural y no ajena de intereses económicos como motor de la relaciones sociales.

Desde el punto de vista legal, es importante para el administrador y procurador de justicia determinar con la mayor precisión posible la cantidad de alcohol y el estado de ebriedad que una persona pudiera presentar cuando comete un hecho delictivo ya que con ello, las autoridades correspondientes podrán otorgar la penalidad que merece, es por ello que en diversas instituciones de justicia, se ha solicitado por años que los peritos realicen la determinación de la concentración de alcohol en sangre pero tomando como base la orina por lo que se han propuesto varios procedimientos matemáticos para tratar de obtener dicha respuesta, pero estudios recientes como el que realizó Neil y colaboradores en 1985, observaron que las concentraciones de alcohol en orina no son lo suficientemente confiables como para calcular de esta manera las concentraciones de alcohol en sangre, concluyendo que extrapolar valores de alcohol en sangre a partir de los valores encontrados en orina u otro líquido orgánico, no es confiable, por lo tanto no debe ser empleado en un tribunal de justicia.

Más aun, se ha querido determinar de manera retrospectiva y de la misma forma antes mencionada, la cantidad de alcohol en una persona a la que se le extrajo una muestra de orina varias horas después del hecho, situación que lleva a errores importantes en los resultados debido a que el metabolismo del alcohol puede modificarnos las concentraciones en los diversos fluidos corporales, por lo que un error de este tipo puede ser motivo para que a una persona se le incrementen los años de prisión por una situación que no es real.

Por lo anterior, estamos de acuerdo de que dicho procedimiento no es adecuado ya que al analizar los resultados de los estudios realizados previamente por diferentes autores se ha observado que no existe concordancia entre los valores obtenidos al tratar de equiparar los resultados de una alcoholemia a la concentración de alcohol en otros fluidos a pesar de haber

utilizado diversos factores de corrección, lo anterior debido a que cada fluido tiene su momento y condiciones diferentes dentro del metabolismo de esta sustancia. En el caso de la orina, el alcohol va estar presente en el proceso de la eliminación, en el hígado antes y durante la oxidación y en otros durante el proceso de absorción, por tanto no son valores que puedan ser equiparados.

Por consiguiente, consideramos que al realizar la presente investigación, encontraremos que no existe correspondencia directa entre la concentración de alcohol en sangre con respecto a la orina.

Además es fundamental mencionar que el estado de ebriedad es clínico y la determinación de la concentración de alcohol en sangre no es necesaria para determinar un estado de ebriedad tal y como lo establece la legislación vigente, es por ello que de comprobarse nuestra hipótesis estaremos contribuyendo a una mejor impartición y procuración de justicia aportando elementos científicos para que se castigue al verdadero culpable de un delito o se deje en libertad al inocente.

CONCLUSIONES

1. Esta fórmula no es aplicable debido a que hay un error en la interpretación, ya que se toma el tiempo transcurrido desde el momento del hecho, a la toma de la muestra, siendo lo correcto tomar el tiempo transcurrido desde el inicio de la ingesta de alcohol (primera libación o tiempo cero) a la toma de la muestra.
2. Basándonos en lo dicho anteriormente, y viéndolo de forma objetiva al momento de tener un presunto responsable o un cadáver no será posible obtener el tiempo exacto en el cual inicio la toma del alcohol (tiempo cero).
3. Dentro de la fórmula no se toma en cuenta el momento del hecho, dato que al hacer la retrospectión se aplica arbitrariamente y de manera errónea en la fórmula.
4. El factor 1.3 que es el factor de corrección orina/sangre, se debe aplicar únicamente cuando el alcohol en la sangre ha alcanzado su máxima concentración, lo cual no es valorable por clínica.
5. El equilibrio de la distribución de alcohol en el organismo que se toma en cuenta es de 15 mg/ hora pero no es el real del individuo, por lo que este valor se ve modificado por los factores descritos previamente en este trabajo.
6. La fórmula no es aplicable en un periodo menor a 3 hrs de haberse iniciado la ingesta del alcohol, debido a que en individuos que hayan sido detenidos durante este lapso de tiempo, no se detectara el alcohol en la orina.
7. Con la fórmula referida, los resultados obtenidos siempre darán un valor positivo de alcohol en sangre, y entre más horas pasen del momento del hecho a la toma de la muestra, mayor será el valor encontrado, lo cual es contrario a lo que nos dice la literatura en donde señala que la cantidad debería ir disminuyendo.
8. Suponiendo que se realizara la determinación de alcohol en sangre extrapolando resultados obtenidos en concentraciones de alcohol en orina, esta debe ser tomada una hora después de haber vaciado a la vejiga.

9. La concentración de alcohol en orina no traduce ninguna sintomatología clínica indicando solamente que la persona ingirió alcohol.
10. El estudio clínico es el método más fidedigno para realizar diagnóstico de estado de ebriedad, tal y como lo establece la legislación y la determinación de alcohol en sangre es mejor soporte para relacionar la sintomatología con la cantidad de alcohol ingerido.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

Con este trabajo de investigación queremos proponer que se legisle la extracción de muestra de sangre en todos aquellos casos en lo que se considere necesario apoyar el diagnóstico clínico por medio de laboratorio, siendo de gran trascendencia conocer el tiempo desde el inicio de la ingesta de alcohol (en caso de que esto sea factible), sin que esto traduzca una agresión al presunto responsable, y que se tome como un procedimiento convencional y rutinario como lo es el tomar las muestras de sangre en cualquier centro hospitalario para realizar, por ejemplo, una biometría hemática, sin que se corra el riesgo de incurrir en responsabilidad profesional o transgresión de los derechos humanos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Piñeiro. Diccionario de ciencias de la salud. Interamericana. Madrid España. México 1999.
2. Word Reference.com. Diccionario de la lengua española © 2005 Espasa-Calpe S.A., Madrid.
3. Bonnet. Medicina Legal. “**Estados de inconsciencia: Ebriedad**”, 1607-1623.
4. Cuellar Arroyo JA. **Farmacología del alcohol y sus interacciones**. Instituto Nacional de Toxicología y CC Forenses.
5. Montalvo- Fernández J. “**El consumo excesivo de alcohol: un reto para la salud laboral**”. Salud y drogas. 2001; 1(1): 17-39.
6. Gisbert Calabuig. Medicina Legal y Tóxicología. 6ª ed: Másson; 2004: 878-895.
7. Goodman & Gilman. Las bases farmacológicas de la terapéutica. McGraw-Hill, Interamericana: Novena edición: Vol. I, II: 385, 411-419, 600-601, 1790-1792.
8. Pena M. “**Accidentes de tránsito y alcohol: aspectos legales y éticos**”. Revista Medica Uruguay. 1995; II: 153-156
9. Barruecos Villalobos L. “**Las bebidas fermentadas y los patrones de consumo de alcohol de los grupos étnicos**”. México: Publicaciones Mexicanas; 2006.
10. Hoyos Medina E. “**El alcohol etílico: sus fórmulas de calculo y predicción**”. Revista de Química Forense del Instituto Jalisciense de ciencias forenses. 5-9
11. Winek C L, Esposito F.M. **Comparative study of ethanol levels in blood versus, bone marrow, vitreous humor, bile and urine**. Forensic Sci Int. 1981; 17: 27-36.
12. Robert D B. **Ethanol levels in postmortem body fluids**. J of Chromatography 1982; 252: 315-318.
13. Neil P, Mills A J. **Evaluation of vitreous humor and urine alcohol lvels as indices of blood alcohol levels in 75 autopsy cases**. Can Soc For Sci J. 1985; 18:97-104
14. Ramírez Covarrubias G. Medicina Legal Mexicana. ILDIMP PUBLICACIONES, México, D.F; 2000: Capítulo 7: 197-222.
15. Amillos Ma, Grijalba A, Alfaro J. “**Situación de las intoxicaciones en Navarra**”. Alales Sis San Navarra. 2003; 26 (1): 1-7.
16. Steven BK. Drugs de abuse Handbook. Editir Chief.Asistant medical. 1998. 328-329
17. Schmitt G, Aderjan R, Keller T, Moutian W, “**Ethyl Glucuronide: An Unusual Ethanol Metabolite in Humans. Synthesis, Analytical, and Determination in Serum and Urine**”, Institute for forensic medicine. 2004: 91-94.
18. De Prada IF, Martínez Pons JA. “**Alcohol y alcoholímetros**”. Historia, fundamentos científicos y aplicación didáctica.” IES Vacia Madrid. 2006: 1-15.
19. Levine B., Smith M.L., Smialek, J.E., and Caplan, Y.H., “**Interpretation of Low postmortem concentrations of ethanol**”, Journal of Forensic Sciences, JFSCA, 2003; 38 (3): 663-667.
20. Determinación de etanol por técnica de microdifusión. http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/guiastp/guia_tp1/etanol.html
21. Manual de procedimientos para cromatografía de gases del laboratorio de Química del Servicio Medico Forense del D.F.
22. Suprema corte, tesis relacionada, 6ª época, II parte, Tomo XVIII, pp. 67
23. Vargas E. Medicina Legal. Segunda Edición, ed. Trillas. México; 1999.

24. Vargas E. Medicina Forense y Deontología Médica, México, Ed Trillas, 1991, 749-754.
25. Martínez X, Plasenciab A. **“Características de los lesionados por accidente de tráfico con alcoholemia positiva”**. Barcelona. España. 2004; 18(5):387-90.
26. Galván Reyes Jorge, Ortiz Castro A. **“Tendencias del uso de drogas en la ciudad de México (1986-2003), sistema de reporte de información sobre drogas”**. Revista de Salud Mental del Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. 2004; 28 (003): 21-59
27. Tiburcio Sainz M, Natera G. **“Evaluación de un modelo de intervención breve para familiares de usuarios de alcohol y drogas, un estudio piloto”**, Revista de Salud Mental el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. 2005; 26 (005): 33-4
28. Rodríguez Pimentel L, Wilkins Gámiz A. **“Panorama epidemiológico de las adicciones en México”**, Revista de Medicina Interna Artemisa. 2005: 123-132
29. Consejo Nacional contra las Adicciones. Observatorio Mexicano en Tabaco, Alcohol y Otras drogas 2003. Secretaría de Salud. México: 2004
30. Casanova L, Borges G. **“Alcohol como factor de riesgo en accidentes vehiculares y peatonales”**. Revista de Salud Mental el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. 2004; 24 (005): 3-11
31. Salazar E, Ugarte M. **“Consumo de alcohol, drogas y factores psicosociales asociados en adolescentes en Lima”**. Anales de la facultad de Medicina. 2007; 25 (3)
32. Camacho Acero I. **“Consumo de alcohol en universitarios; relación funcional y actores sociodemográficos, las expectativas y la ansiedad social”**. Acta Colombiana de Psicología. 2005; 8 (1)
33. Valenzuela M. **“Uso, abuso, dependencia alcohólica y su relación con el consumo familiar en la población del municipio de Palavecino”**. Revista medico de la familia. 2003;8 (02)
34. Medina Mora Ma E, Rojas Guiot E. **“La demanda de drogas: México en la perspectiva internacional”**. Revista de Salud Mental el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. 2003; 26 (02): 1-11
35. Saúl León Hernández/ Eleazar Lara Padilla, El proceso de la investigación clínica, Distribuidora y editora mexicana, S.A. de C.V., Septiembre 2003.
36. Garriott CJ. Medical-Legal Aspectos of Alcohol. 4ª ed. United States of America: Lawyer & Judges Publishing Company, Inc; 2003: 47-161.
37. Wayne JA. Alcohol. En: Steven B, Karch, M.D. Drug abuse handbook. 1a ed. San Francisco Californi: CRC Pres; 1998: 328-329.
38. Patito JA. Tratado de Medicina Legal y elementos de patología forense, ed. Quórum; 2003.
39. British Medical Journal. <http://www.saludlandia.com/la-ruta-del-alcohol-en-el-cuerpo-humano-13150.html>
40. Gilliland, M.G.F. and Bost, R.O., “Alcohol in decomposed bodies: Postmortem Synthesis and Distribution,” Journal Forensic Sciences, JFSCA; 1993: 38 (6). 1266-1274.