

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA DE POST GRADO

**Variación de la concentración de alcohol etílico en
cadáveres en relación al tiempo**

TESIS

Para optar al Grado Académico de Magíster en Toxicología

AUTOR

César Augusto Canales Martínez

ASESOR

José Ernesto Ráez González

Lima – Perú

2011

INDICE

Resumen

Summary

I.- Introducción	1
1.1.- Planteamiento del problema	2
1.2.- Justificación de la investigación	3
1.3.- Tipo de investigación	3
1.4.- Hipótesis	3
1.5.- Objetivos	
1.5.1.- Objetivo general	4
1.5.2.- Objetivos específicos	4
1.6.- Variables	
1.6.1.- Variable dependiente	4
1.6.2.-Variable independiente	5
II.- Generalidades	4
2.1.- Alcohol etílico	5
2.1.1.-Fuentes de Intoxicación Alcohólica	5
2.2.- Toxicocinética del alcohol etílico	7
2.2.1.- Ingestión	7
2.2.2.- Absorción de alcohol etílico	7
2.2.3.- Distribución del alcohol etílico	10
2.2.4.- Metabolismo del alcohol etílico	12
2.2.5.- Excreción del alcohol etílico	14
2.2.6. Mecanismo de acción del alcohol etílico	15
2.3.- Importancia médico legal del alcohol	17
2.3.1.-Importancia Médico Legal de la embriaguez	17
2.3.2.- Dosis Tóxicas	20
2.3.3.- Diagnóstico de la intoxicación alcohólica en cadáveres	20
2.4.- Cromatografía	26
2.4.1.- Cromatografía de gases	26
III.- Parte experimental	30

DEDICATORIA

**A Dios, por iluminar mi camino con la luz del
conocimiento, la sabiduría y la superación
mejorando en mi vida profesional y como persona
de bien en la sociedad.**

**A mi familia, por su apoyo invaluable y por ser el mejor
estímulo de superación en mi vida, los llevo siempre
presentes en mi mente y mi corazón, sólo les puedo decir
que son lo más grande que me pudo dar Dios,
simplemente ... los amo.**

**A mis padres, por darme la vida, los valores y
hacer de mí una persona de bien, siempre los
tengo presentes, ... los amo.**

**A mi alma mater, la Universidad Nacional Mayor
de San Marcos y a sus docentes por hacer de mí un
profesional, me siento muy honrado de haber
egresado de sus gloriosas aulas.**

AGRADECIMIENTO

A los Señores Doctores miembros jurado calificador:

Sr. Dr. José Ernesto Raez Gonsales

Sr. Dr. Mesías Moisés García Ortiz

Sr. Dr. Mario Carhuapoma Yancé

Sr. Dr. José Alfonzo Apesteguía Infantes

Sr. Dr. Luis Alberto Inostroza Ruiz

Por su paciencia, apoyo y en la evaluación del presente trabajo de investigación, son un ejemplo para todos los profesionales de la orden, para ellos ... mi eterno agradecimiento.

RESUMEN

La determinación de alcohol etílico en sangre es una de las prácticas analíticas forenses de rutina en el Laboratorio de Toxicología y Química Legal de la Morgue Central de Lima, Ministerio Público, Fiscalía de la Nación, sin embargo en la práctica se puede apreciar que en algunos casos hay variaciones en los resultados obtenidos en nuestro laboratorio en relación con otros laboratorios del medio que también realizan análisis de alcoholemia.

En el presente trabajo se determinó la alcoholemia en los casos de cadáveres en los que se sospechaba de consumo de alcohol etílico, a los cuales se les tomó muestras en cuatro tiempos diferentes evaluándose la posible variación que se da en el transcurso de ese tiempo; así también se describen los aspectos relacionados con la toma de las muestras biológicas para el análisis, su correcta preservación, los factores intrínsecos y extrínsecos a la toma de muestras que pueden generar resultados discordantes a la hora de interpretar los resultados, tales como pérdidas y generación de alcohol en el organismo humano.

Para la determinación de la alcoholemia se utilizó el método de cromatografía de gases con detector de ionización a la llama (GC-FID). En las 168 muestras analizadas se encontró que la relación de concentración de alcohol no tiene una correlación significativa, por lo que se sugiere que no se debe considerar para hacer cálculos retrospectivos utilizando fórmulas matemáticas con la finalidad de aproximar las posibles concentraciones de alcohol en el momento del deceso, como se pretende hacer en algunos casos a fin de dar un veredicto en casos de litigios de diversa naturaleza.

Palabras claves: etanol, alcoholemia, cromatografía de gases, bebidas alcohólicas.

SUMMARY

The determination of ethyl alcohol in blood is one of the analytical forensic practices of routine in the Laboratory of Toxicology and Legal Chemistry of the Central Morgue of Lima, Ministerio Público, Fiscalía de la Nación, nevertheless in the practice it is possible to estimate that in some cases there are variations in the results obtained in our laboratory in relation with other laboratories of the way that also realize analysis of blood alcohol level.

In the present work the blood alcohol level decided in the cases of corpses in those who were suspected in consumption of ethyl alcohol, to which one took samples in four different times there being evaluated the possible variation; this way also there are described the aspects related to the capture of the biological samples for the analysis, his correct preservation, the intrinsic and extrinsic factors to the capture of samples that can generate discordant results at the moment of interpreting the results, such as losses and generation of alcohol in the human organism.

For the determination of the blood alcohol level the method of gas chromatography was in use with detector of ionization to the flame (GC-FID). In 168 analyzed samples one thought that the relation of concentration of alcohol does not have a significant correlation, for what is suggested that it is not necessary to consider to do retrospective calculations using mathematical formulae with the purpose of bringing the possible concentrations of alcohol near in the moment of the decease, since it is tried to do in some cases in order to give a verdict in cases of litigations of diverse nature..

Key words: ethanol, blood alcohol level, gas chromatography, alcoholic drinks.

I.-INTRODUCCIÓN

El etanol o alcohol vínico es el agente de toxicofilia y drogadicción más extendido y generalizado en todas las sociedades del mundo a través del tiempo, una excepción es la sociedad musulmana para la que abstenerse del consumo de esta sustancia es un signo de distinción a la vez que es un deber religioso. Actualmente esta sustancia constituye un factor predisponente para los consumidores agudos y crónicos a cometer delitos en contra de la sociedad, convirtiéndose su consumo en un problema social y médico legal en el que los químicos farmacéuticos estamos comprometidos por ser quienes tenemos la labor de determinar la concentración de alcohol etílico en sangre(Alcoholemia) a través del análisis de Dosaje Etílico y contribuir al esclarecimiento de los hechos a fin de contribuir a una mejor administración de justicia en el Perú.

El presente trabajo tiene por finalidad hacer un estudio de la variación de la concentración de alcohol etílico en cadáveres a los que se les ha practicado necropsia en la sede de la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima, para tal fin se les va a tomar la muestra de sangre a los cadáveres en tiempos diferentes para determinar la concentración de alcohol etílico y poder verificar si hay o no variación en relación al tiempo que transcurre a partir de la muerte clínica.

Las muestras se deben tomar a una población de 42 cadáveres (168 análisis), a las mismas condiciones, es decir:

- En el momento del levantamiento del cadáver.
- En el momento de la llegada a la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.
- En el momento de la necropsia.
- En el momento del retiro del cadáver.

El tiempo promedio que dura la operación de toma de muestra es de 12 horas aproximadamente.

Las muestras se procesaron en paralelo según la técnica de “Determinación de alcohol etílico por Cromatografía de gases con Head Space”.

Posteriormente, se hace la discusión de resultados con las consideraciones dadas viendo las probables variaciones de la concentración de alcohol etílico

comparándolas con los respectivos tiempos para poder llegar a una conclusión.

1.1.- Planteamiento del problema

El Perú es uno de los países a nivel latinoamericano en el que se produce una gran cantidad de muertes y actos delictivos, los cuales en su gran mayoría se realizan bajo los efectos del alcohol etílico y otras sustancias estimulantes y/o depresoras del sistema nervioso central.

En los últimos meses hay una gran incidencia en accidentes de tránsito y delitos contra la vida, el cuerpo y la salud bajo diversas modalidades. El aumento de los accidentes (especialmente los automovilísticos) ligados al consumo de bebidas espirituosas hace necesario el establecimiento de normas estandarizadas para la medición de los niveles de alcoholemia en aquellos casos en que se sospecha el abuso de dicha sustancia como mediador en el desenlace del accidente, esto por cuanto es de suma importancia a la hora de establecer las responsabilidades correspondientes por parte de la Autoridad Judicial. Desde la perspectiva de la salud pública, un problema grave es el consumo exagerado de alcohol etílico por las personas que sólo beben “socialmente”. La mayoría de las personas que ocasionalmente beben con exceso no son alcohólicos ni dependientes del alcohol, sino hombres y mujeres jóvenes que gozan de buena salud, pero que lamentablemente producto de las relaciones sociales y el consumo de bebidas espirituosas están predispuestos a cometer delitos en la sociedad, los cuales varían desde robos, agresiones físicas, delitos contra la libertad sexual, suicidios, asesinatos, abandonos de hogar y otras faltas que afectan el nivel de vida de la sociedad deteriorándola cada día más. Así mismo, cabe mencionar que además del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Lima, coexisten otras instituciones que realizan dosaje etílico, en más de una oportunidad se han generado controversias en los resultados obtenidos, argumentando en algunos casos que hay factores que pueden producir dichas variaciones en la obtención del resultado final, uno de estos factores es el tiempo, el cual puede influir en el momento de la toma de muestra pues podría generar una volatilización del analito, además de otros factores que podrían generar dichas variaciones.⁽¹⁾

En tal sentido en este trabajo se pretende determinar la concentración de alcohol etílico en sangre de cadáveres a los que se les ha realizado necropsia

en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima en función al tiempo de la toma de muestra de sangre.

1.2.- Justificación de la investigación

El consumo de bebidas alcohólicas o más específicamente el abuso de las mismas, se ha tornado en un problema de crecientes proporciones en nuestro país que traen como consecuencia accidentes de tránsito, muertes violentas y criminalidad debido a que las personas actúan bajo los efectos del alcohol etílico. Se ha vuelto de mayor importancia en el ámbito de los sucesos de tránsito, donde se ha observado en los últimos años un aumento extremadamente grande de víctimas ocasionándoles la muerte.

Debido a lo mencionado, la importancia en nuestro medio de realizar el análisis toxicológico de sustancias psicoactivas en estas víctimas. Dentro de este esquema el análisis y la interpretación de los niveles de alcohol etílico en cadáveres a los que se les ha practicado la necropsia de ley se ha vuelto el más frecuente de los exámenes toxicológicos solicitados a los laboratorios de toxicología forense y su investigación como dato probatorio en procedimientos civiles y penales.

En Toxicología y Química Legal y por ende en Medicina Legal la valoración *post mortem* del alcohol etílico puede permitir llegar a conclusiones sobre el mecanismo y etiología médico legal de la muerte. Para ello se ha de analizar el alcohol etílico en sangre (Alcoholemia), pero para ello hay que tener consideraciones sobre el metabolismo y la cinética que sigue esta sustancia en el organismo para poder tener un criterio más amplio en el momento de dar una conclusión pues de ello dependerá el veredicto en caso de los procesos civiles y penales en nuestra sociedad.

1.3.- Tipo de investigación

Experimental- Deductivo

1.4.- Hipótesis

“La concentración de alcohol etílico varía en relación al tiempo en sangre de cadáveres en los que se les ha realizado necropsia de ley en la División de

Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima”.

1.5.- Objetivos

1.5.1.- Objetivo general

Establecer variación de la concentración de alcohol etílico en muestras de sangre de cadáveres a los que se les ha realizado necropsia en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima por el método de cromatografía de gases con detector de ionización a la llama con espacio de cabeza en relación al tiempo.

1.5.2.- Objetivos específicos

- Comparar las concentraciones de alcohol etílico obtenidas en cada muestra de sangre considerando las variaciones de tiempo en cadáveres a los que se ha realizado la necropsia de ley en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.
- Determinar si hay variación en las concentraciones de alcohol etílico obtenidas en cada muestra de sangre considerando las variaciones de tiempo en cadáveres a los que se ha realizado la necropsia de ley en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.

1.6.- Variables

1.6.1.- Variable dependiente: las concentraciones de alcohol en sangre.

1.6.2.-Variable independiente: sangre, tiempo de toma de muestras.

II.- GENERALIDADES

2.1.- Alcohol etílico

El alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$) es llamado también etanol, alcohol vínico, espíritu del vino, alcohol de melaza o simplemente alcohol; es un líquido transparente, incoloro, aromático, volátil, de sabor característico, combustible, presenta un peso molecular igual a 46, presenta además un coeficiente de partición octanol / agua de 0,70795, soluble en agua y solventes orgánicos

como la acetona y el éter, procede de la fermentación de sustancias azucaradas, del almidón y de la celulosa; constituye el componente activo de las bebidas alcohólicas. En medicina se utiliza como antiséptico, en cosmética se le utiliza como solvente para lociones y otros preparados farmacéuticos. El alcohol etílico puede dar lugar a una intoxicación común, accidental, voluntaria y a una intoxicación profesional. ⁽²⁾

2.1.1.-Fuentes de Intoxicación Alcohólica.-

Las fuentes de intoxicación del alcohol etílico en casos agudos están constituidas por las bebidas alcohólicas (bebidas espirituosas) que presentan un grado variable de concentración de alcohol, estas bebidas se dividen en tres grupos:

2.1.1.1.Bebidas débilmente alcohólicas: son aquellas en las que el porcentaje de alcohol varía entre **1% y 8%**. Son el producto de la fermentación de jugos vegetales que contienen almidones o azúcares poco fermentables. Ejemplo: cerveza y sidra. ⁽³⁾

2.1.1.2. Bebidas medianamente alcohólicas: son aquellas en las que el grado de alcohol varía entre **10% y 20%**. Proceden de la fermentación de los mostos de uva, cuyo elevado contenido en glucosa las hace fermentar fácilmente. Según la técnica de la vinificación, el tiempo de fermentación y envejecimiento, resultan tipos distintos de vinos, con graduación alcohólica diferente, desde los vinos ordinarios de mesa (**10° a 12°**) hasta la de los vinos generosos (jerez, oporto, vermouth, Málaga), que oscila de **15° a 20°**. ⁽³⁾

2.1.1.3. Bebidas fuertemente alcohólicas: son aquellas en las que el grado de alcohol alcanza hasta **40% a 50%**, para la obtención de estas bebidas se identifican dos fases, una primera de fermentación, seguida de una destilación de este producto, con lo que se enriquece considerablemente la concentración alcohólica. Se parte de jugos vegetales muy diversos, obteniéndose así: coñac, anís, ron, whisky, vodka, aguardientes, cremas, etc. ⁽³⁾

Aunque estos distintos tipos de bebidas pueden contener otros elementos que definen sus caracteres organolépticos, en condiciones ordinarias la embriaguez se debe de modo exclusivo al alcohol etílico. ⁽²⁾

Tabla: Bebidas Alcohólicas y contenido de alcohol etílico

Bebida Alcohólica	% de alcohol (mL /100mL)
Cerveza de barril	2,5 – 3
Cerveza de botella	3,5 – 5
Cerveza inglesa	8
Sidra	5 – 6
Vinos corrientes	10 – 16
Vinos de Málaga	15 – 16
Vinos de Jerez	16 – 22
Vinos vermouth	15 – 18
Anís	29 – 30
Crema de licores	30
Licores	39 – 43
Coñac. Brandy	40 – 47
Ginebra	47
Kirsch	50
Whisky	45 – 50
Ron	50 - 55
Ron fuerte	79 - 80

Fuente: Toxicología Avanzada. Repetto M.⁽²⁾

El alcohol etílico es una droga que es aceptada en la sociedad actual, sin embargo cuando las personas están bajo su efecto se genera una gran cantidad de crímenes y accidentes que pueden variar desde daño físico corporal leve hasta casos extremos como la muerte de la persona.

La embriaguez, o conjunto de fenómenos psicossomáticos resultantes de la intoxicación alcohólica aguda, posee una gran importancia desde el punto de vista sociológico, criminológico y médico legal. ⁽²⁾

La costumbre o habituación en el consumo de esta sustancia ha conllevado en hacer a los autores Alonso – Fernández una clasificación de los bebedores basada en la cantidad de alcohol consumida, es así que ellos mencionan tres tipos de bebedores. ⁽²⁾

a) Bebedor excesivo regular: es aquel que consume alcohol diariamente en forma metódica, esto forma parte de su vida, una rutina cotidiana, y aunque lo hacen en forma excesiva no buscan ni llegan a la embriaguez, sólo le sirve para afianzarse en una realidad placentera, ello conduce a una dependencia biológica del alcohol (Alcoholomanía secundaria). ⁽²⁾

b) Bebedor enfermo psíquico: es aquel que utiliza el alcohol como instrumento para estimularse o combatir su realidad psicopatológica, tratando de modificar las vivencias y tensiones emocionales producidas por la enfermedad, pretende reducir el sufrimiento latente de sus vivencias psicopatológicas. ⁽²⁾

c) Bebedor excesivo regular: o alcoholómano, es aquel que consume más alcohol del que puede eliminar hasta que su organismo lo acepte pudiendo llegar a dosis tóxicas que producen serias variaciones en su conducta. ⁽²⁾

(*) En general se dice que “Alcohólico” es aquel que ha perdido la capacidad de abstenerse de beber y padece una enfermedad progresiva por dependencia del alcohol. ⁽²⁾

2.2.- Toxicocinética del alcohol etílico

2.2.1.- Ingestión:

El etanol tiene varias vías de ingreso en el organismo; estas son: gastrointestinal (oral, es la más frecuente), respiratoria, parenteral (la administración por vía endovenosa es utilizada en forma terapéutica en el tratamiento de la intoxicación por alcohol metílico o por etilenglicol), dérmica (usada en niños por su efecto antipirético) ^(1,4).

2.2.2.- Absorción de alcohol etílico: luego de la ingesta de etanol que por lo general es por vía oral, aunque se puede dar por vía respiratoria o dérmica en pequeña proporción, según sea el caso, se inicia la absorción a través de la mucosa gástrica en un 20% a 25% aproximadamente, la mayor parte de la

absorción se va a llevar a cabo en el intestino delgado en un 80% a 90% aproximadamente, de donde pasa a la vena porta, atraviesa el hígado y se distribuye en la circulación general sanguínea. Más de la mitad del alcohol ingerido se absorbe en los primeros 30 minutos y el resto en las próximas 3 horas. Cabe mencionar que en las heces no se va a encontrar etanol debido a que todo el etanol absorbido se metaboliza y el que no se metaboliza se elimina como tal por otras vías como: orina, saliva, respiración, leche materna. Así mismo, los **alimentos grasos** aceleran el vaciado gástrico favoreciendo la absorción incrementando los valores de la alcoholemia, por otro lado los alimentos con alto **contenido proteico o con hidratos de carbono** retrasan el vaciado gástrico disminuyendo la absorción y por lo tanto disminuyen momentáneamente los valores de la alcoholemia. ⁽²⁾

La concentración de alcohol en un inicio es mayor en la sangre arterial que en la sangre venosa, llegando y distribuyéndose rápidamente al cerebro debido a su gran irrigación, generando una sensación de mareo; posteriormente, hay una redistribución produciéndose un equilibrio de concentraciones entre la sangre venosa y la sangre arterial. ⁽²⁾

Llega un momento en que se equilibran la absorción y la difusión, con lo que la concentración se mantiene uniforme. En este momento, llamado de "Equilibrio de Difusión", la difusión del alcohol en el organismo es uniforme, con algunas diferencias entre los tejidos y órganos, las mismas que van a depender de la cantidad de agua que presenten. ⁽²⁾

El alcohol se absorbe, por la vía digestiva (estómago) y se continúa en el intestino delgado. La alcoholemia es una función de la cantidad de alcohol absorbido por la unidad de tiempo. Es afectada por los siguientes factores. ⁽²⁾

a.- Contenido estomacal previo:

a.1.- Si el contenido estomacal está vacío, puede producirse el fenómeno de la "sorpresa pilórica", con rápido paso al duodeno y la sangre.

a.2.- La ingestión precedente o simultánea de alimentos sólidos retrasará el vaciamiento gástrico, limitando la absorción. Algunos alimentos pueden incrementar la retención.

b.-Bebida ingerida:

b.1.- Clase de bebida: una bebida gaseosa producirá una repleción gástrica, acelerando el vaciamiento, fenómeno al que se le confiere las propiedades digestivas de las bebidas carbónicas.

b.2.- Graduación alcohólica: las bebidas de fuerte graduación proporcionarán a la sangre mayor cantidad de alcohol en menor tiempo, sin embargo una gran cantidad de bebida suave puede dar lugar a repleción gástrica y rápida absorción.

2.2.2.1.-Vía digestiva: La mayoría de las intoxicaciones por alcohol etílico se producen por vía digestiva; el alcohol etílico se absorbe en el estómago: 20 – 25% y en intestino delgado 75 – 80% (duodeno principalmente). Todo el alcohol ingerido pasa a la sangre entre 30 y 60 minutos después de la ingestión; aunque algunas circunstancias puede retrasarse hasta un máximo de 3 horas ^(2,3).

El mecanismo de absorción se realiza por difusión pasiva, siguiendo la ley de Fick:

$$Vd = \frac{S (C_1 - C_2) K}{d}$$

En la fórmula anterior, **S** es la superficie de absorción disponible; **C₁** la concentración de alcohol en el aparato digestivo; **C₂** la concentración en la sangre, y **d** es el grosor de la membrana. La constante **K** influye poco en este caso ⁽³⁾.

Existen muchos factores que pueden hacer variar la absorción de alcohol desde el sistema digestivo. Dado que la absorción es un proceso de difusión, se verá afectado por diferentes factores ⁽³⁾.

Modificadores de la evacuación gástrica: los procesos que aceleran la evacuación gástrica y favorecen la absorción, pueden citarse entre ellos, las gastrectomías, ciertas gastritis, dispepsias, etc.

Cuando el estómago está vacío, la absorción es mayor, al aumentar la superficie de la mucosa gástrica disponible: por el contrario, la presencia de alimentos en el estómago, en especial de proteínas, retrasa la absorción ^(1,5).

El grado alcohólico y, por tanto, la concentración de alcohol favorece la absorción; las bebidas fuertemente alcohólicas se absorben con mayor rapidez que las débiles; ello puede ser modificado cuando las bebidas muy alcohólicas producen un espasmo en el píloro y retrasan la evacuación gástrica ^(2,3).

Otro factor influye el grosor de la membrana: la velocidad de absorción es inversamente proporcional al grosor de la membrana. Así, una gastritis

hipertrófica puede retrasar la absorción, mientras que una atrofia de la membrana la facilita ⁽³⁾.

Finalmente, influye también el modo de ingerir la bebida. La misma cantidad de alcohol ingerida en una sola vez producirá una alcoholemia mayor que si se ingiere en varias libaciones separadas entre sí en el tiempo ^(2,3).

2.2.2.2.- Vía pulmonar: El alcohol puede ingresar fácilmente por vía pulmonar y atravesar la membrana alvéolo - capilar por difusión. Esta vía tiene interés en exposiciones profesionales (bodegueros, perfumistas, etc.) y más recientemente en drogadictos ⁽³⁾.

2.2.2.3.- Vía Cutánea: Teóricamente el alcohol puede ingresar por esta vía. Se trata, sin embargo, de una posibilidad excepcional, podría tener interés en los casos de frías de alcohol en extensas superficies y en los niños ⁽³⁾.

2.2.3.- Distribución del alcohol etílico:

El alcohol etílico se distribuye a través de la sangre, llegando a los tejidos y órganos alcanzando una concentración en el organismo a lo largo de todo el proceso en mayor o menor proporción de acuerdo a la afinidad que presente con cada órgano o tejido. Los fluidos y tejidos pueden clasificarse de mayor a menor concentración de alcohol etílico alcanzada, en el siguiente orden: ⁽⁴⁾

1º Sangre.

2º Cerebro y riñones.

3º Pulmones y corazón.

4º Paredes duodenales.

5º Músculos estriados.

6º Hígado.

(*)El tejido adiposo y el tejido óseo no son considerados porque la proporción de alcohol en ellos es mínima. ⁽⁴⁾

Las menores concentraciones se encuentran en sistema esquelético, por su menor proporción de sangre, y el tejido adiposo, porque el coeficiente de reparto del alcohol entre agua/lípido (suero/grasa) favorece su retención por la sangre. ⁽²⁾

Una vez que el alcohol es distribuido por todo el organismo, se establece un proceso de difusión hística que es regulada por dos factores: la concentración

de agua y la de alcohol con respecto a la sangre. El proceso de reparto se realiza a velocidades distintas y no siempre la concentración de alcohol responde a la que teóricamente le debería corresponder en función de su riqueza en agua. Este hecho es de sumo interés médico – legal cuando se analiza el alcohol en distintos fluidos e incluso en el mismo fluido. La concentración de alcohol en esta fase de distribución dependerá de la fase en que se encuentre el proceso ^(3,6).

Así mismo cabe considerar que teóricamente la distribución del alcohol se lleva a cabo de la siguiente manera:

a) Nivel de alcohol en el sistema vascular. En la fase de absorción se pueden producir grandes diferencias entre la sangre arterial y la sangre venosa. Ello es evidente comparando la concentración de alcohol en el aire espirado (sangre arterial) y en la vena cubital (sangre venosa). En el cadáver la sangre que se suele tomar para análisis es la del corazón, que tiene gran cantidad de sangre procedente de la vena porta, muy rica en alcohol. Si se compara la sangre cardiaca y la sangre femoral, se encuentran grandes diferencias, que pueden llegar a ser de 1 a 48 %. Una vez concluida la fase de absorción y estableciendo el equilibrio, las diferencias no deben de existir ⁽⁸⁾.

b) Distribución en cerebro. La concentración de alcohol en el cerebro es la que más interesa en el plano teórico, puesto que las alteraciones psíquicas dependen de las concentraciones de alcohol en este órgano. El tejido cerebral tiene menos agua (76 %) que la sangre (78,6 %); por tanto el coeficiente cerebro / sangre es de 0,86 con un rango de 0,64 – 1,20 ⁽³⁾.

c) Líquido cefalorraquídeo. El líquido cefalorraquídeo es más rico en agua que en la sangre. Por lo que tendrá más alcohol que ésta; el coeficiente líquido cefalorraquídeo / sangre es de 1.18, para un contenido de agua del 92,7 %

d) Concentración en bilis: Existe una buena correlación entre sangre y bilis. La correlación sangre / bilis es de 0,92 ⁽³⁾.

e) Concentraciones en humor vítreo: A partir de los trabajos realizados Sturner y Coe, el humor vítreo se emplea como fluido en el que se puede analizar muchas drogas, y ello por diversas ventajas. Los cocientes frente a la sangre han sido estudiados por varios autores. En la fase absorptiva de pre equilibrio, las concentraciones de alcohol son mayores en sangre que en el humor vítreo, a las 2 horas de la ingesta, las dos curvas se cruzan, es decir, la concentración es idéntica; finalmente, la concentración en el humor vítreo se

hace mayor que en la sangre: 1,10 a 1,38. El cociente teórico, en función de la concentración de agua de uno y otro fluido, debería ser 1,27, una vez alcanzado el equilibrio. Backer y cols (1980) encuentran que, cuando la concentración de alcohol en el estómago del cadáver es menor de 0,5 %, lo que indica una absorción del alcohol el cociente humor vítreo / sangre es de 1,19 (n = 37) y el rango, de 0,86 – 1,72, mientras que, cuando la concentración en el estómago es mayor a 0,5 %, el cociente es de 0,89 (n = 23) con rangos de 0,48 – 2. Ello quiere decir que hasta que la fase de distribución no es completa, se podría cometer grandes errores al extrapolar los resultados⁽³⁾.

2.2.4.- Metabolismo del alcohol etílico:⁽²⁾

Conforme va llegando el alcohol a los tejidos se inicia el proceso de metabolismo o desintoxicación, el cual se lleva a cabo por oxidaciones sucesivas que transforman inicialmente el alcohol en acetaldehído, después en ácido acético, para terminar finalmente convertido en bióxido de carbono y agua; según las siguientes reacciones:

2.2.4.1.- Vía de la enzima alcohol deshidrogenasa(ADH): se lleva a cabo en la mitocondria del hepatocito por la enzima ADH que en presencia de NAD^+ transforma al etanol en acetaldehído:



Luego continúa la reacción: la enzima aldehído deshidrogenasa (ALDH) cataliza la reacción en la que el acetaldehído se transforma en ácido acético en presencia de NAD^+ .



en este proceso se desprenden 7,2 calorías por gramo de alcohol.

Alternativamente cuando la enzima alcoholdehidrogenasa está saturada o en cantidad insuficiente hay sistemas alternos que van a metabolizar el alcohol etílico, éstos son el de la vía del MEOS y el de las Catalasas.

2.2.4.2.- Vía del Sistema Microsómico Etanol Oxidante (MEOS): se lleva a cabo a nivel del retículo endoplásmico y está integrado por las oxidasas de función mixta (MFO) que utiliza el fosfato de nicotinamida-adenin-dinucleótido (NADP), con la participación del citocromo P-450, concretamente en su isoforma P-450.2E1, cuya síntesis es inducible por el propio etanol. La reacción química es la siguiente:



2.2.4.3.- Vía de las catalasas: es otra vía utilizada para el metabolismo del etanol, en este caso las enzimas catalasas contenidas en los peroxisomas actúan como alcohol deshidrogenasas inespecíficas, pues también oxidan a otras sustancias, en un mecanismo defensivo para eliminar el peróxido de Hidrógeno que se produce en los diversos procesos bioquímicos y que presenta una acción perjudicial para los tejidos del organismo. Dicha reacción química es la siguiente:

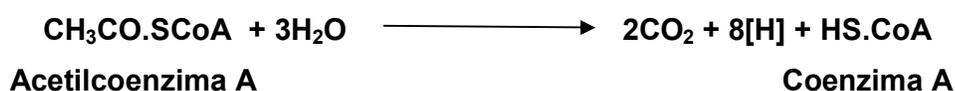


Así mismo, el acetaldehído formado se cataboliza de dos maneras:

a) Vía principal: oxidación del acetaldehído a acetato, por la acción de la enzima Aldehidodeshidrogenasa (ALDH) y oxidasas:



El acetato formado junto a la coenzima A se transforma en acetilcoenzima A, la cual ingresa en otros procesos metabólicos como el ciclo de Krebs, en donde finalmente es convertido en agua y anhídrido carbónico.



b) Vía de las liasas: esta vía condensa al acetaldehído con otros productos originando catabolitos diversos como formación de aminoácidos, ácidos nucleicos además de otras moléculas propias del organismo.

Cabe mencionar que el acetaldehido procedente de la dieta o de biotransformaciones puede ser reducido a etanol, éste se conoce como **alcohol endógeno**, por intervención de la enzima ADH, este etanol endógeno se manifiesta en una alcoholemias del orden de **0,00g/L a 0,03g/L**.⁽²⁾

2.2.5.- Excreción del alcohol etílico:

La eliminación de alcohol etílico sin cambios en su estructura es aproximadamente un 10% del alcohol etílico absorbido y se va a eliminar por el aliento, la saliva, las heces, orina, sudor y la leche.

Como la mayor parte de alcohol etílico absorbido se oxida, la eliminación es pulmonar (50 – 60%), entero hepática (25 – 30%), renal (5 – 7%) y el resto se elimina en pequeñas cantidades en sudor, lágrimas jugo gástrico, saliva y leche materna^(3,7).

2.2.5.1.- Eliminación pulmonar:

Esta vía de excreción, posible gracias a la volatilidad del alcohol, sigue un proceso inverso al de la absorción. Como mecanismo de eliminación tiene escaso interés, pues solo un 2-3 % del alcohol ingerido se elimina por esta vía. Pero desde el punto de vista analítico y judicial es de gran importancia, pues los métodos de análisis incruentos (no sangrientos) se basan en este principio:

determinación de alcohol en el aire espirado. Se ha calculado que el alcohol presente en 2,000 mL de aire espirado equivale al que hay en 1 mL de sangre ⁽³⁾.

2.2.5.2.- Eliminación urinaria:

El alcohol difunde a través del glomérulo y no sufre proceso de reabsorción tubular. La concentración de alcohol en la orina dependerá de la alcoholemia, pero esta cambia continuamente y la de la orina no lo hace, la relación alcoholemia/alcoholuria no es 1, sino inferior ⁽³⁾.

La concentración de alcohol en la vejiga de la orina reflejará la existente en la sangre durante el periodo medio del tiempo, pero teniendo en cuenta que su riqueza en agua es mayor y no se degrada, el cociente alcoholuria/alcoholemia puede variar según los autores teniendo una media de 1,3 a 1,44 cifra que está adoptada por la legislación inglesa para hacer la equiparación alcoholuria/alcoholemia ⁽³⁾.

2.2.5.3.- Eliminación por la saliva:

El alcohol se elimina por la saliva, aunque en cantidad secretada por esta vía es ínfima; con todo, dado el volumen de secreción salival, tiene el mismo interés analítico que la orina.

2.2.5.4.- Eliminación por la leche:

El alcohol se elimina asimismo por esta secreción, lo que debe ser tenido en cuenta por las madres lactantes ^(3,7).

(*)La administración de hidratos de carbono va a favorecer y acelerar la eliminación de alcohol etílico.

2.2.6. Mecanismo de acción del alcohol etílico: A dosis mínimas el alcohol contribuye a la producción de calor orgánico. Pero, sobrepasada dicha dosis, dando ocasión a ingresar a los órganos y tejidos, tiene un efecto narcótico.

Ejerce acción sobre el neurotransmisor GABA, aumentando la conductancia del ión cloro, mecanismo este responsable de la depresión primaria en la intoxicación aguda. La aparente estimulación psíquica inicial se produce por la actividad incoordinada de diversas partes del encéfalo y por la depresión de los mecanismos inhibidores del control por acción gabaérgica ^(8,9).

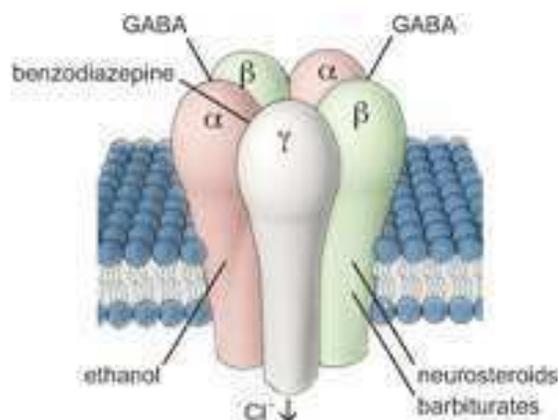


Figura N° 01: Receptor GABA_A – Ionóforo Cl⁻ (2)

Reacciona con otros neurotransmisores cerebrales como dopamina, norepinefrina y serotonina, dando lugar a sustancias denominadas tetrahydroisoquinolinas y betacarbolinas. Disminuye el recambio de serotonina en el sistema nervioso central. Tanto el etanol como el acetaldehído producen disminución de las concentraciones de noradrenalina y serotonina en el sistema nervioso central (SNC) llevando a diferentes síndromes clínico-neurológicos característicos del alcoholismo crónico (8,9).

Actúa sobre los canales de membrana para cloro y para calcio. Altera la permeabilidad de la membrana neuronal, modificando el diámetro de canales iónicos para el cloro al aumentarlos, facilitando con ello la entrada de éste ión a la célula. Disminuye el diámetro para los canales de calcio, disminuyendo la entrada del ión calcio al interior de la célula. Estas modificaciones facilitan la repolarización celular y generan un efecto hiperpolarizante en la célula que trae una disminución de la actividad funcional del sistema nervioso. A nivel del nervio periférico disminuye los valores máximos de las conductancias de sodio y potasio. Las concentraciones para bloquear nervios periféricos son mayores que los que producen efectos centrales (6,9).

Incrementa la síntesis de ácidos grasos y triglicéridos, con disminución de la oxidación de los primeros, generando una hiperlipidemia que conlleva al desarrollo de hígado graso. Inhibe la utilización de ácidos grasos y la disponibilidad de precursores, lo cual estimula la síntesis hepática de triglicéridos, produciéndose el llamado hígado graso, hallazgo característico en alcohólicos crónicos. Induce un estímulo de la lipogénesis, que desencadena un incremento del lactato y de los ácidos grasos. Al aumentar la relación

lactato/piruvato se produce una hiperlactoacidemia, que conlleva a la disminución de la excreción renal de ácido úrico, lo que genera hiperuricemia. En intoxicación aguda se reduce la excreción urinaria de ácido úrico, con la consiguiente hiperuricemia y la producción de un ataque de gota ^(6,10).

En intoxicación aguda con niveles altos de alcoholemia (mayor de 200 mg por ciento), se produce un bloqueo en el hígado para la utilización de lactato producido en otros tejidos, generando una hiperlactoacidemia, lo que puede llevar a una descompensación metabólica de tipo acidótico ^(2,7,11).

Lesiona la mitocondria por interferencia directa del alcohol y el acetaldehído sobre la síntesis de ATP. La relación NAD/NADH se altera por un daño mitocondrial generado por las altas concentraciones de acetaldehído ^(7,10).

Inhibe la secreción de albúmina y la síntesis de glicoproteínas hepatocitarias, produciendo hipoproteïnemia, la cual lleva a una alteración funcional de la membrana plasmática. La interferencia en la síntesis de proteínas que produce el alcohol, así como el déficit de vitamina B1 y la acción del acetaldehído sobre las mitocondrias, se manifiesta en las fibras musculares, donde se origina fragmentación de fibrillas, y degeneración granular ^(7, 10).

Inhibe la gluconeogénesis y aumenta la resistencia a la insulina ⁽¹⁰⁾.

Altera la absorción intestinal de tiamina y otros nutrientes. Teniendo en cuenta que la tiamina actúa como coenzima de otras enzimas relacionadas con el metabolismo y aprovechamiento energético de la glucosa en el cerebro, la deficiencia de esta vitamina origina que el metabolismo cerebral de la glucosa se desvíe hacia la vía anaeróbica disminuyendo con esto su rendimiento energético. Este es el mecanismo tóxico en la encefalopatía de Wernicke ⁽¹⁰⁾.

Los pacientes con cetoacidosis alcohólica presentan intolerancia a la glucosa y resistencia a la insulina. La insulina es antagonizada por el incremento que se observa en éstos pacientes de la hormona de crecimiento, catecolaminas, cortisol, glucagón y ácidos grasos libres. El alcohol inhibe la gluconeogénesis y ésta alteración en la insulina impide la entrada de las pequeñas cantidades de glucosa que hallan en el compartimiento extracelular ^(10,12).

2.3.- Importancia médico legal del alcohol

2.3.1.-Importancia Médico Legal de la embriaguez

La embriaguez es el conjunto de fenómenos psicosomáticos, que resultan de la acción del alcohol etílico sobre el cerebro deprimiendo las funciones vitales, y

corresponde a la intoxicación alcohólica aguda, es una causa de degeneración orgánica y psíquica, así como un poderoso factor criminológico. Posee una extraordinaria importancia sociológica, criminológica y médico legal ^(3,13).

La trascendencia social del alcoholismo, en sus diversas manifestaciones, está demostrada en las estadísticas que señalan repercusiones económicas, profesionales, familiares y de otra índole. Sin embargo, cabe mencionar que hay intereses de diversos sectores nacionales que impiden la adopción de medidas prohibitivas del consumo.

Por el contrario, no podemos dejar de ocuparnos de la importancia criminógena y criminalística de la embriaguez, motivo de frecuentes actuaciones médico legales, que dan lugar a variados problemas periciales que propician acciones litigantes.

El alcohol está considerado como un factor criminógeno general de primer orden. Está comprobado que los llamados "días criminales"(fines de semana y feriados) es decir, aquellos en los que estadísticamente es más elevado el número de delitos, corresponden precisamente a los días de exceso en el consumo de bebidas alcohólicas. De modo paralelo, aquellas regiones de un país, aquellas ciudades, o aquellos distritos de una población, en el que el consumo de alcohol es mayor, poseen igualmente un mayor índice de criminalidad.

Pero además, el alcohol, engendra de modo específico determinados delitos, cuya frecuencia experimenta unos incrementos acusados en los días de consumo alcohólico. Entre estos delitos merecen mencionarse: las riñas y altercados, las alteraciones del orden público, las lesiones y aún los homicidios, los insultos, la rebelión y la desobediencia. Lugar destacado merece los delitos sexuales, en cuya génesis tiene el alcohol un papel desencadenante, demostrado tanto casuística como estadísticamente ⁽³⁾. Todo ello conlleva finalmente al deterioro de la sociedad.

Pero sin duda, la mayor importancia desde el punto de vista numérico, así como por la gravedad de sus consecuencias, corresponde al papel del alcohol en los llamados delitos de circulación o sucesos de tránsito. El gran número de estos y la responsabilidad que incumbe en su producción al alcoholismo, tanto

del conductor como de la víctima, ha obligado en todos los países a dictar medidas legislativas especiales, tendientes a su profilaxis y represión ⁽³⁾.

En el Perú, la legislación vigente señala los límites para los diferentes grados de alcoholemia de acuerdo a la Ley N° 27753 que modifica los Artículos 111°, 124° y 274° del Código Penal referidos al homicidio culposo, lesiones culposas y conducción en estado de ebriedad o drogadicción y el Art. 135° del Código Procesal Penal, sobre Mandato de Detención de la siguiente manera:

Tabla: Alcoholemia - Ley 27753 del 07 de junio del 2002⁽¹⁴⁾

1° Período: 0,1 a 0,5 g/L: sub-clínico.

No existe síntomas o signos clínicos, pero las pruebas psicométricas muestran una prolongación en los tiempos de respuesta al estímulo y la posibilidad de accidentes. No tiene relevancia administrativa ni penal.

2° Período: 0,5 a 1,5 g/L: ebriedad.

Euforia, verbosidad y excitación, pero con disminución de la atención y pérdida de la eficiencia en actos más o menos complejos y dificultad en mantener la postura. Aquí está muy aumentada la posibilidad de accidentes de tránsito, por disminución de los reflejos y el campo visual.

3° Período: 1,5 a 2,5 g/L: ebriedad absoluta.

Excitación, confusión, agresividad, alteraciones de la percepción y pérdida de control.

4° Período: 2,5 a 3,5 g/L: grave alteración de la conciencia.

Estupor, coma, apatía, falta de respuesta a los estímulos, marcada descoordinación muscular, relajación de los esfínteres.

5° Período: niveles mayores de 3,5 g/L: coma.

Hay riesgo de muerte por el coma y el aparato respiratorio con afección neumológica, bradicardia con vaso dilatación periférica y afección intestinal.

Fuente: Diario Oficial El Peruano⁽¹⁴⁾

Sin embargo, cabe mencionar que las costumbres del consumo de alcohol de las personas en un medio como el nuestro, hacen que en algunos casos estos valores se vean incrementados sobremanera, esto se puede explicar pues la cantidad de enzima alcohol deshidrogenasa se incrementa a medida que la persona consume mayores cantidades de alcohol etílico.

2.3.2.- Dosis Tóxicas:

Desde el punto de vista clínico se relaciona las concentraciones de alcohol etílico (expresadas en gramos por litro) de la siguiente manera:

TABLA: ALCOHOLEMIA – ASPECTO CLÍNICO

Período I:

- 0,250 a 0,500 g/L : el paciente no presenta alteraciones.

Período II:

- 0,500 a 1 g/L : al examen neurológico presenta fenómenos manifiestos de incoordinación motriz.

Período III:

- 1 a 3 g/L : la coherencia de las ideas es escasa, y la habilidad motora está claramente disminuida.

Período IV:

- 3 a 4 g/L : la incoordinación motora llega a estados tales que dificultan seriamente la marcha llegando a imposibilitar la misma. El grado de conciencia se halla disminuido, y en casos extremos puede el paciente entrar en estado de coma alcohólico.

Período V:

- Más de 4 g/L : el paciente puede entrar en estado de coma, depresión respiratoria y muerte.
-

Fuente: Toxicología Avanzada. Repetto M.⁽²⁾

Cabe mencionar que la muerte por intoxicación alcohólica se puede dar a partir de una concentración letal mínima debe ser 4,0 g/L, sin embargo este valor puede variar con cada individuo.

2.3.3.- Diagnóstico de la intoxicación alcohólica en cadáveres:

Probablemente la determinación de alcohol etílico en sangre es el análisis más solicitado en Toxicología Forense y las cifras de la alcoholemia, que son las más frecuentemente interpretadas. A este respecto la polémica siempre sigue abierta sobre los siguientes puntos ⁽⁵⁾.

2.3.3.1.- Fluido que hay que analizar y lugar de la toma: en el proceso metabólico del alcohol etílico hay tres fases que se pueden expresar gráficamente en una gráfica denominada curva de alcoholemia ⁽³⁾.

- a. Fase de absorción: dura de 30- 90 minutos y que estará concluida con toda certeza a las 3 horas ⁽³⁾.

- b. Fase de equilibrio o meseta: alcanzan la máxima concentración de alcohol en la sangre. Normalmente este momento es instantáneo, aunque puede ser una meseta cuando la absorción, difusión, metabolismo y eliminación están en equilibrio ⁽³⁾.
- c. Fase descendente o de desintoxicación: línea recta y uniforme que permite realizar cálculos retrospectivos aproximados, pero en personas vivas, no se puede aplicar en cadáveres ⁽³⁾.

Con posterioridad se ha demostrado que la curva no se ajusta a un modelo tan sencillo, principalmente para su uso en casos judiciales en los que vale tanto la excepción como la regla, lo que exige un análisis más cuidadoso de las circunstancias y antecedentes del caso ⁽³⁾.

Una vez alcanzada la fase de equilibrio, las concentraciones de alcohol en sangre y tejidos dependerán de sus concentraciones de agua, pero también de la presencia en calidad y cantidad de enzimas catalizadoras. De ahí que la concentración de alcohol en el hígado sea menor de la que teóricamente le corresponde en función de su contenido de agua, dada su riqueza en ADH ⁽³⁾.

En un sujeto vivo se puede saber con mayor o menor exactitud en qué fase de la curva de alcoholemia se encuentra, generalmente 2 horas después de la última libación se ha concluido la fase de absorción y se ha producido el equilibrio, con lo cual la alcoholemia refleja bien el alcohol que habrá en otros tejidos u órganos y se puede extrapolar con pequeños errores al cerebro, el órgano diana ⁽³⁾.

En el cadáver no ocurre esto. En la mesa de autopsias nos encontramos con un cadáver que pudo morir cuando aún estaba en el periodo de absorción, con lo que las cifras de alcohol en la sangre no reflejarían las de otras estructuras; es más, como ya hemos visto, muchas veces no hay homogeneidad en el aparato vascular ⁽³⁾.

Cuando se encuentra alcohol en el estómago, se plantean dos posibilidades:

- a) Que estemos en la fase de absorción.
- b) Que el alcohol haya podido difundir pasivamente post mortem al corazón derecho y a las vísceras contiguas ⁽³⁾.

La literatura nos recomienda que se analicen concentraciones de alcohol en contenido gástrico, corazón derecho, vena femoral y humor vítreo. Sólo tras disponer de estos resultados, se puede dar respuesta a muchas interrogantes que se plantean normalmente. Claro está que si solo se analiza la

concentración de alcohol en el corazón (sangre arterial), no existirá el problema de encontrarse con cifras contradictorias, pero no sabremos si esta alcoholemia es secundaria a procesos putrefactivos o a difusión post-mortem. Proceder así constituye, obviamente, un grave error ⁽³⁾.

Como se ha demostrado, las correlaciones y los cocientes del alcohol en los fluidos y en los tejidos con relación a la sangre eran más exactas cuando las concentraciones de alcohol en el estómago del cadáver era menor de 0,50 g/L que cuando era mayor que esta cifra, aunque para otros autores sirve de frontera para el final del proceso de absorción ⁽³⁾.

En ausencia de sangre, cuando las concentraciones en estómago son menores de 0,50 g/L, el humor vítreo pueden ser útil para calcular la alcoholemia.

El humor vítreo tiene evidentes ventajas: es fácil de obtener, sufre una menor contaminación bacteriana y el alcohol es bastante estable y tiene una excelente correlación con la sangre y un cociente humor vítreo/sangre de 1,19 ⁽³⁾.

Como ya se ha descrito la concentración de alcohol en la orina reflejará la existente en la sangre durante el periodo medio del tiempo, el cociente alcoholuria/alcoholemia puede variar según los autores teniendo una media de 1,33g/L, cifra que está adoptada por la legislación inglesa para hacer la equiparación alcoholuria/alcoholemia.

2.3.3.2.- Muerte por intoxicación alcohólica. En la práctica de la toxicología forense se puede encontrar casos particulares de gran tolerancia al alcohol así como también otros casos de gran sensibilidad, como por ejemplo personas que con alcoholemia de 3,50g/L entran al hospital o pueden conducir un vehículo, mientras que otros con alcoholemia menores a 1,2 g/L presentan una embriaguez clínica marcada ⁽³⁾.

La muerte por intoxicación alcohólica es poco frecuente. En estudios realizados (Garrito y Cols – 1982) en los que se analizan las intoxicaciones agudas por 10 años en un estado norteamericano donde 91 casos fueron debidos al alcohol, lo que representa el 0,3 % de todas las muertes y el 8% de muertes por intoxicación ⁽³⁾.

En ausencia de lesiones, la concentración letal exigible debe de ser 4 g/L de alcohol etílico. Por encima de 3 g/L de alcohol existe una intoxicación severa, con depresión de los centros nerviosos y del centro respiratorio ⁽³⁾.

Cuando se toma la muestra de sangre del cadáver, se ignora la dinámica del suceso precedente. Puede ocurrir que el individuo en vida tuviese una dosis

letal (por encima de 4 g/L), pero con una sobrevivencia en estado de coma de varias horas la alcoholemia podría bajar a cifras no letales.

2.3.3.3.- VARIACIONES *POST MORTEM* DEL ALCOHOL

2.3.3.3.1.- Difusión pasiva: el alcohol puede difundir pasivamente post mortem desde el estómago y el intestino a los otros órganos y tejidos circundantes. Cuando la concentración de alcohol en el estómago es superior a 0,5 g/L, es un indicativo que la muerte sobrevino momentos después de la ingestión. Cuando estaba en la primera fase de absorción. Ese líquido puede difundir al líquido pericárdico, líquido pleural y posiblemente a bilis, así como a la cavidad peritoneal. Es prácticamente imposible que llegue a las cavidades cardiacas. El problema real de impregnación alcohólica se resolverá fácilmente analizando la concentración de alcohol en orina y humor vítreo, que en este caso siempre serán inferiores a la concentración encontrada en sangre ⁽³⁾.

2.3.3.3.2.- Alteraciones *post mortem*: La alcoholemia real del individuo, es decir, aquella que refleja la cantidad de alcohol absorbido, puede sufrir diversos procesos que conducen a una alteración de la concentración y, por tanto, a un error de análisis. Se puede presentar dos situaciones: pérdida de alcohol y ganancia de alcohol etílico ⁽³⁾.

a. Pérdida de alcohol etílico: puede tener un mecanismo físico, la evaporación. Se produce cuando el almacenamiento no es correcto y se deja un espacio libre entre el nivel de la sangre en el vial y el tapón. El alcohol pasa a la cámara de aire y si no se tiene precaución se escapa al abrir el vial ⁽³⁾.

También se puede perder por oxidación microbiana, tanto aerobia como anaerobia, aunque es mayor en el primer caso. Por todo ello, en los viales que contienen el alcohol etílico para su remisión al laboratorio no se debe dejar cámara de aire y añadir opcionalmente un inhibidor microbiano ⁽³⁾.

b. Ganancia de alcohol etílico: el alcohol producido post mortem, denominado endógeno, es alcohol etílico químicamente igual al de origen exógeno. No hay método analítico, por tanto, capaz de diferenciarlos ⁽³⁾.

El alcohol endógeno se forma por los microorganismos, a partir de la glucosa fundamentalmente. Deben, por tanto, coexistir ambos elementos. La sangre cardiaca es la que contiene más glucosa y donde la bacteriemia es mayor, por lo que será éste el lugar donde se forma el alcohol ⁽³⁾.

La presencia de alcohol en todas las muestras indica un origen exógeno. Cuando solo se dispone de una muestra para el análisis, es muy difícil sacar conclusiones en los casos de putrefacción ya iniciada ⁽³⁾.

La ganancia puede proceder también de una contaminación de los envases o de las faltas cometidas en el momento de la toma: en ambos casos la sangre puede contaminarse por otros fluidos ricos en alcohol: contenido gástrico, líquido cefalorraquídeo, pleural o pericárdico, entre los más importantes ⁽³⁾.

Nota: en resumen, el alcohol endógeno alcanza concentraciones que oscilan entre 0,00 g/L y 0,03 g/L, este alcohol es producido por:

- La fermentación intestinal de la peptina,
- Reducción de acetaldehído de diversa etiología,
- Infecciones producidas por bacterias como la *Candida albicans* y
- Comidas ricas en carbohidratos⁽³⁾.

2.3.3.3.3.- Preservación de la muestra: La muestra de sangre debe ser recogida en un envase de vidrio, con agujas y materiales estériles: se llenará el envase por completo y se adicionará fluoruro sódico y un anticoagulante (oxalato de potasio). El fluoruro se ha demostrado como el más eficaz inhibidor de las enzimas catalíticas e incluso como bactericida. Una dosis de 2,5 mg de fluoruro y 2 mg de oxalato potásico por cada mililitro de sangre es suficiente para preservar la metabolización. La sangre debe almacenarse en la nevera a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁽³⁾.

2.3.3.3.4.- Contaminación y descomposición de origen microbiano:

La producción microbiana de etanol en especímenes post mortem es la complicación más frecuentemente encontrada al examinar resultados de etanol ^(12,15). Luego de la muerte ocurre la autólisis de tejidos por procesos enzimáticos, esto produce reblandecimiento y licuación de tejidos. Durante ese proceso las bacterias del colon invaden tejidos adyacentes y el sistema vascular, primeramente se propagan por el sistema linfático y el sistema venoso portal, unas pocas horas luego de la muerte. La velocidad de la infiltración bacteriana depende de factores aceleradores del proceso de

putrefacción, como: la temperatura ambiental, lesiones intestinales, enfermedades neoplásicas o gangrenas y si la muerte fue causada por una infección, o por la posición del cuerpo o la presencia de traumas extensos del cuerpo. A temperatura ambiente, la contaminación bacteriana del sistema circulatorio ocurre después de alrededor de 6 horas y luego de 24 horas hay una penetración directa de la pared intestinal. Generalmente los tejidos permanecen relativamente libres de bacterias viables durante las primeras 24 horas ⁽¹⁶⁾.

Los microorganismos que mayormente se ven envueltos en este proceso son: Escherichia coli y especies de Candida, Clostridium y Klebsiella , entre otros , siendo Candida albicans el principal agente productor; sin embargo existen al menos 58 especies de bacterias, 17 de levaduras y 24 de esporas capaces de esta producción ⁽¹⁶⁾.

Cuando las concentraciones de etanol son menores de 30 mg/100 mL, es muy probable que su origen sea la producción post mortem, por otro lado, niveles muy altos de alcoholemia sugieren incorrecto almacenaje de la muestra, lo cual promueve la putrefacción y producción de etanol por las bacterias ⁽¹⁶⁾.

2.3.3.3.5.- Efecto de la temperatura:

La producción de alcohol puede producirse ya sea en el cuerpo intacto (entre el deceso y la autopsia) o en los fluidos corporales, especialmente en la sangre recolectada durante la autopsia. Si el cuerpo no es mantenido a temperaturas bajas, la producción de alcohol tiene lugar durante las primeras 24 horas. ⁽¹⁷⁾

La contaminación por síntesis microbiana, puede ser prevenida por la preservación correcta de las muestras, mediante la refrigeración del cuerpo dentro de las cuatro horas post deceso. ⁽¹⁸⁾

2.3.3.3.6.- Efecto del tiempo:

Generalmente, el tiempo no es problema, por lo menos durante las primeras 24 a 48 horas post mortem. Mientras que el intervalo de tiempo post mortem aumenta, también aumenta la probabilidad de la producción endógena de alcohol por los microorganismos presentes, particularmente cuando las temperaturas ambientales son altas y el cuerpo está traumatizado. ^(19,20)

2.3.3.3.7.- Efecto del preservante:

Los preservantes más comúnmente usados son las sales de Flúor, aunque bajo ciertas condiciones han sido reportadas como inadecuadas ^(21,22), mantener las muestras con fluoruro de sodio al 1% después de la autopsia, impide la producción de etanol por la mayoría de los microorganismos, menos a la *Candida albicans*. ⁽²³⁾

El fluoruro de sodio actúa al inhibir la actividad de la enzima fosfoglucomutasa, para prevenir la síntesis de polisacáridos y a su vez para inhibir el crecimiento in vitro de *Candida albicans*, que fácilmente convierte la glucosa en etanol. ⁽²⁴⁾

El ion fluoruro es sumamente eficaz en inhibir la actividad de varias enzimas, tales como la enzima enolasa, un componente en el camino glicolítico, es también importante por su efecto en levaduras, hongos y muchos otros microorganismos responsables de la fermentación y a su vez evitar la coagulación sanguínea. ^(25,26)

El manejo correcto de las muestras recolectadas, debe incluir la adición inmediata de la cantidad correcta de preservante, y definitivamente el almacenamiento de las muestras tan pronto como sea posible. ^(27,28)

Se recomienda utilizar fluoruro de sodio en concentraciones de 1% a 5% en peso o volumen, para los análisis *post mortem* de alcohol etílico. ⁽²⁹⁾

2.4.- Cromatografía

La **cromatografía de Gases**: es un método físico de separación en el que los componentes se distribuyen entre dos fases, una estacionaria y otra móvil. Agrupa un conjunto de métodos que permiten separar componentes estrechamente unidos en mezclas complejas ⁽³⁰⁾.

La muestra se disuelve en una **fase móvil** (un gas, un líquido u otro fluido supercrítico), que se hace pasar a través de una **fase estacionaria** que se mantiene fija en una columna o sobre una superficie sólida ⁽¹²⁾.

Los componentes de la muestra se distribuyen entre las fases dependiendo de su afinidad por cada una de ellas.

Es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se toma con una jeringa para luego inyectarla en la columna cromatográfica. La elusión se

produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interacciona con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna hasta el detector⁽³⁰⁾.

El Cromatógrafo de gases consta de las siguientes partes^(3,29,31,32).

- Un sistema para alimentar un gas de transporte que recorre en forma permanente el circuito del cromatógrafo
- Un sistema de Inyección. El Inyector es el lugar por donde se introduce una pequeña cantidad de muestra (del orden de 1 cm^3 de gas o 1 micro-litro de líquido) en medio de la corriente de gas.
- Un sistema de Separación, formado por una o varias columnas que llevan a cabo la tarea de fraccionamiento de los diferentes componentes.
- Un sistema de Detección para generar una señal cuando un componente de la mezcla completa el recorrido del sistema de separación.
- Un sistema de Integración para cuantificar la señal generada por cada componente en el Detector^(3,29,31,32).

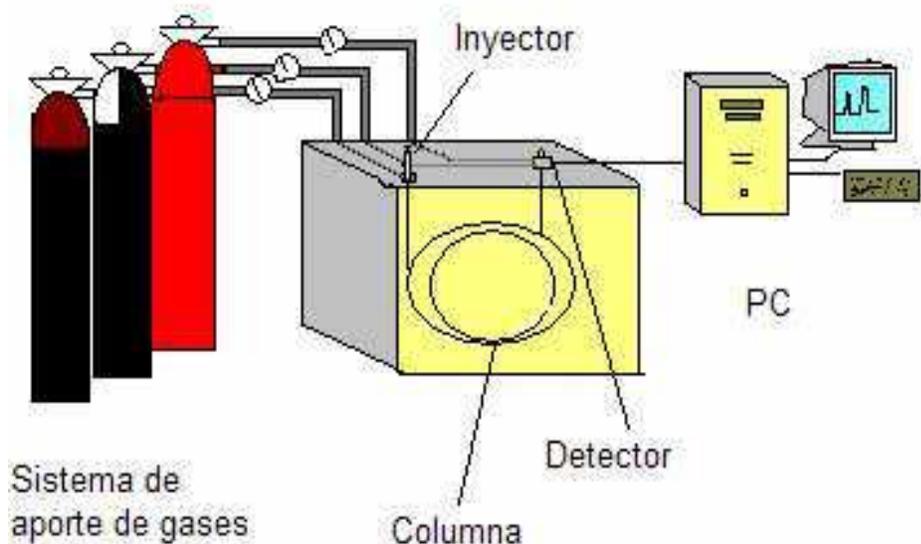


Figura N° 02: Partes del equipo cromatógrafo de gases⁽³²⁾

2.4.1.1.- Gas portador

El gas portador debe ser inerte y se elige de modo que no interfiera con las mediciones que se realizan. Los gases usados más frecuentemente son Hidrógeno, Helio, Argón, Nitrógeno o Dióxido de carbono. La elección de este gas en ocasiones depende del tipo de detector empleado ^(3,29,31,32).

2.4.1.2.- Inyector

El inyector es sólo una pequeña cámara colocada inmediatamente antes de la(s) columna(s) de separación, donde se accede mediante una jeringa adecuada o con una válvula de inyección. El modo estándar, adecuado para aproximadamente 95% de las aplicaciones de las columnas empacadas (o empaquetadas), es la inyección directa. La muestra es inyectada con una jeringa hipodérmica a través de un séptum de goma (o hule) de silicona autosellante, a un alineador de vidrio (glass insert) contenido en un bloque metálico, donde es vaporizada y barrida hacia la columna. El bloque se calienta a una temperatura que se fija en un valor suficientemente alto para convertir prácticamente en forma instantánea la muestra líquida en vapor. La cantidad de muestra inyectada es del orden de μL para líquidos y un valor superior para gases ^(3,29,31,32).

2.4.1.3.- Columnas

El sistema de columnas cromatográficas constituye el centro de todo cromatógrafo. Cada columna se diseña para aprovechar alguna propiedad de los diferentes componentes que resulte adecuada para generar distintas velocidades de avance para cada uno de ellos durante el recorrido de la columna ^(3,29,31,32).

En el caso de los hidrocarburos se suele usar la volatilidad como propiedad distintiva entre los diversos componentes. Para aprovechar esta propiedad se emplea una fase líquida estacionaria que queda retenida en la columna mientras el gas circula por ella. Si esta fase estacionaria es no polar (siliconas, hidrocarburos de elevado peso molecular) la tendencia a disolverse en ella crece al bajar la volatilidad de los compuestos analizados. De este modo las moléculas de los componentes pesados permanecen más tiempo (en término medio) en la fase líquida que en el gas que circula permanentemente. Debido a esta característica, las moléculas de los componentes menos volátiles

avanzan más lentamente que las de los componentes más volátiles, a la misma temperatura ^(3,29,31,32).

En forma simplificada puede afirmarse que las columnas de este tipo actúan como sistemas de destilación de muy elevada eficiencia y los diferentes compuestos las recorren empleando tiempos que son proporcionales a sus respectivos puntos de ebullición.

El sistema de columnas cromatográficas está encerrado en un horno de temperatura variable para optimizar la velocidad a la que se producen los procesos de separación ^(3,29,31,32).

2.4.1.4.- Detectores

Los detectores empleados en cromatografía gaseosa son de varios tipos, pero los dos principales son los siguientes:

1. Detector de Conductividad Térmica (TCD).
2. Detector de Ionización de Llama (FID).

En cromatografía de gases, el **detector de ionización de llama (FID)** es uno de los detectores más extensamente utilizado y, por lo general, uno de los más aplicables. En un quemador, el efluente de la columna se mezcla con Hidrógeno y con aire para luego encenderse eléctricamente ^(3,29,31,32).

La mayoría de los compuestos orgánicos, cuando se pirolizan a la temperatura de una llama de Hidrógeno/aire, producen iones y electrones que pueden conducir la electricidad a través de la llama. Entre el extremo del quemador y un electrodo colector situado por encima de la llama, se aplica una diferencia de potencial de un determinado voltaje, y para la medición de la corriente que resulta (de unos 10^{-12} A) se utiliza un amplificador operacional de alta impedancia. ^(3,29,31,32)

El detector de ionización de llama debido a que es un detector que responde al número de átomos de carbono que entra en el detector por unidad de tiempo, es un detector sensible a la masa, más que un sistema sensible a la concentración. En consecuencia, este detector tiene la ventaja de que los cambios en el caudal de la fase móvil tienen poco efecto sobre la respuesta del detector. ^(3,29,31,32)

Grupos funcionales, tales como carbonilo, alcohol, halógeno y amina, originan en la llama pocos iones o prácticamente ninguno. Además, el detector es insensible a los gases no combustibles como H₂O (g), CO₂, SO₂, y NO. Esas propiedades hacen del detector de ionización de llama uno de los detectores generales más utilizado para el análisis de la mayoría de compuestos orgánicos, incluyendo aquellos que están contaminados con agua y con óxidos de nitrógeno y de azufre. ^(3,29,31,32)

El detector de ionización de llama posee una elevada sensibilidad (del orden de 10⁻¹³ g/s), un gran intervalo lineal de respuesta (de 10⁷), y un bajo ruido. Por lo general, es resistente y fácil de utilizar. Una desventaja del detector de ionización de llama es que se trata de un detector destructivo de la muestra ^(20, 22).

La prueba o análisis de dosaje etílico consiste en la determinación de la cantidad o concentración de alcohol etílico que se encuentra en la sangre de personas vivas o en cadáveres, la cromatografía de gases con detector de ionización a la llama la recomendada a nivel internacional debido a su alta especificidad. ^(3,29,31,32)

Resulta ser la cromatografía de gases con detector de ionización a la llama un análisis de gran importancia, pues de ello depende que el resultado obtenido sirva para que las autoridades den un fallo adecuado en los litigios que puedan originarse por la consecuencia del consumo de bebidas alcohólicas, es así que los procesos judiciales serán más objetivos, lo cual contribuirá a una mejor administración de justicia en el Perú.

III.- Parte experimental:

3.1.- Población y/o muestra:

Las muestras se tomaron a una población de 42(Cuarentidos) cadáveres en cuatro tiempos:

- i- Levantamiento de cadáver.
- ii- Ingreso a la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.
- iii- Necropsia de ley.
- iv- Retiro de la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.

a los que se realizó la necropsia de ley.

3.2.- Método:

Experimental, recolección de muestras, análisis de cada muestra por cromatografía de gases con detector de ionización a la llama(GC-FID) con la técnica de espacio de cabeza(Head Space), recolección de resultados y datos e Información correspondiente a cada occiso en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima, Fiscalía de la Nación, Ministerio Público.

Criterios de inclusión:

- Cadáveres a los que se les realizó necropsia de ley en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.
- Cadáveres con diagnóstico de muerte violenta o muerte súbita, y diagnóstico de muerte de “causa por determinar”.
- Cadáveres que comprendan entre los 17 a 86 años de edad.
- Cadáveres que tengan como máximo 4 horas de muerte.

Criterios de exclusión:

- No se utilizaron muestras de sangre de los cadáveres a los que se les realizó necropsia de ley en morgues de otras Divisiones Médico Legales (provincias).
- Cadáveres con diagnóstico de muerte natural o por enfermedad terminal.
- No se utilizaron muestras de sangre que no fueron recolectadas y procesadas según la técnica descrita.
- Cadáveres que no tuvieron como mínimo las cuatro muestras de sangre en tiempos diferentes.

3.3.- Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

La toma de muestra de sangre se realizó de la siguiente manera:

- i- Levantamiento de cadáver.
- i- Ingreso a la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.
- iii- Necropsia de ley.
- iv- Retiro de la la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima.

A los que se realizó la necropsia de ley.

3.3.1.- Recolección de muestras:

En el momento del levantamiento del cadáver se tomó muestra de la vena basilíca; al llegar a la la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias forenses de Lima se tomó muestra de la vena subclavia.

En el momento de la necropsia, después de la apertura la cavidad torácica se abrió el saco pericárdico, para luego extraer la sangre de la cavidad intracardiaca; al momento del retiro del cuerpo de la morgue central se tomó la última muestra de sangre de la vena femoral; en todos los casos se utilizó una jeringa estéril de 5mL, luego se acondicionó la muestra de sangre en un frasco de vidrio con tapa rosca y cierre hermético de 5mL con 0,005g de Fluoruro de Sodio(0,1%), el cual debe llenarse por completo. El frasco debe estar limpio y herméticamente cerrado, evitando así la existencia de cámara de aire. La sangre debe almacenarse en la nevera a una temperatura de -4 °C a 4 °C, aunque la bibliografía recomienda que sea a -20 °C,⁽³⁾ pero esta temperatura es poco práctica por la solidificación de la muestra y el incremento de volumen que conllevan a la ruptura del envase.

El frasco de vidrio con la muestra de sangre se rotuló con el respectivo número de Protocolo de necropsia y un número de control correlativo, los resultados fueron registrados en la tabla respectiva.

3.3.2.- Procesamiento de la muestra:

Se utilizó el método de Cromatografía de Gases con detector de ionización a la llama con la técnica de espacio de cabeza(Head Space), el cual consiste en calentar la muestra preparada a una temperatura de 80°C para volatilizar el alcohol etílico en parte superior de un vial, luego la jeringa del inyector del cromatógrafo toma la muestra volatilizada por punción y la inyecta de modo automático en el alineador para que con ayuda del transportador o “Carrier” pueda ser llevado a la columna cromatográfica, posteriormente se separa por peso molecular y se identifica en el detector y amplifica en el monitor de la computadora del equipo.

3.3.2.1.- Técnica operatoria

La elaboración de la curva patrón de alcohol etílico G.C. se puede realizar a criterio del operador con las siguientes concentraciones:

C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
0,25g/L	0,5g/L	0,75g/L	1,0g/L	1,25g/L	1,5g/L	2,0g/L	4,0g/L	5,0g/L	6,0g/L

Las soluciones acuosas utilizadas se prepararon con agua procesada en el equipo Ultra pure Water System – Barnstad.

La preparación de la muestra para el análisis de dosaje etílico se realiza en viales de 20mL con septa y capuchón de aluminio, en la cual se prepara la muestra de la siguiente manera:

- Se agrega 200µL de muestra de sangre.
- Se agrega 200µL de solución de saponinas al 1%.
- Se agrega 200µl de n-propanol (estandar interno)
- Se agrega 200µg de Cloruro de Sodio Anhidro ultra puro.

Luego cada uno de los viales se sella hermeticamente y se lleva al cromatógrafo de gases con detector de ionización a la llama(GC-FID) para su análisis respectivo.

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

La recolección de los datos se realizó mediante un formato desarrollado para este fin.

3.5. Materiales

3.5.1. Equipos:

- Cromatógrafo de gases con detector de ionización a la llama: GC-FID, marca *Thermo Finnigan*. Modelo 12873320000010
- Head Space, marca *Thermo Finnigan*.
- Campana de flujo laminar. Marca ESCO. Modelo II *Biohazard Safety Cabinet*

- Termómetro digital con detector de humedad. Marca CTH modelo 709.
- Congeladora de 12 pies cúbicos. Marca *Coldex*. Modelo *Cool Door System*.
- Equipo destilador *Ultra pure Water System – Barnstad*.

3.5.2. Reactivos: ⁽³²⁾

- Alcohol etílico de grado cromatográfico. Marca *Merk*.
- Alcohol n-propanol de grado cromatográfico. Marca *Merk*.
- Saponinas químicamente puro. Marca *Merk*.
- Cloruro de Sodio anhidro químicamente puro. Marca *Merk*.
- Agua destilada desionizada.
- Gas Hidrógeno.
- Gas Helio.
- Gas Aire.
- Lejía.
- Solución de yodopolividona.

3.5.3. Materiales:

- Viales de 20mL con septa y capuchón.
- Tips x 100µL.
- Tips x 250µL.
- Tips x 500µL.
- Tips x 1000µL.
- Tips x 5000µL.

- Micropipetas 100 μ L.
- Micropipetas 250 μ L.
- Micropipetas 500 μ L.
- Micropipetas 1000 μ L.
- Micropipetas 5000 μ L.
- Fiolas de vidrio tipo “A” con tapa esmerilada 50mL.
- Fiolas de vidrio tipo “A” con tapa esmerilada 100mL.
- Gradillas 2,5cm x 2,5cm x 24 tubos.
- Bandejas de acero quirúrgico 40cm x 60cm x 2cm
- Piceta de 500mL.
- Pipeteador automático de 1000mL.
- Guantes quirúrgicos # 08
- Espátulas spoom x 1 mg
- Espátulas spoom x 3 mg
- Espátulas spoom x 5 mg
- Selladores manuales
- Papel toalla
- Esponja

3.5.4. Condiciones de trabajo:

El inyector se programó a la temperatura de 85 °C, el horno a 80 °C con una corrida de 3,5 minutos.

Se usó gas Helio como *carrier* a un flujo de 28mL/min.

Se usó gas Hidrógeno como comburente a un flujo de 35mL/min.

Se usó gas Aire a un flujo de 350mL/min.

3.5.5. Parámetros analíticos:

El tiempo de corrida (*time run*) por muestra fue de de tres minutos y medio con un tiempo de retención para el etanol de 0,7 minutos y para el estándar interno de 1,40 minutos.

3.5.6. Análisis de la muestra:

El equipo Cromatógrafo de gases con ionización a la llama(GC-FID) utilizado para la lectura de muestras, fue calibrado previamente con tres estándares de etanol de concentraciones 0.4g ‰, 2.0g ‰ y 4g ‰ respectivamente.

Las muestras fueron tomadas y almacenadas hasta completar las cuatro necesarias para el análisis, mientras tanto se almacenaban a una temperatura entre -4°C y 4°C, luego fueron procesadas según la técnica de cromatografía de gases de espacio de cabeza.

IV. Resultados:

En la tabla del anexo N° 02 se pueden leer todos los resultados obtenidos en el equipo GC – FID en la Morgue Central de Lima.

De los resultados obtenidos se observa lo siguiente:

a.- La muestra N° 06 presentó un aumento en la concentración de alcohol etílico en cada una de las tomas de muestra. Ver la tabla del anexo N° 03.

b.- Las muestras N° 01, 17, 18, 19, 34, 36 y 40 presentaron un descenso en la concentración de alcohol etílico en cada una de las tomas de muestra. Ver la tabla anexo N° 04.

c.- Las muestras N° 02, 03, 04, 05, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 41 y 42 presentaron una variación irregular, aumentando y/o disminuyendo la concentración de alcohol etílico en cada una de las tomas de muestra sin mantener una secuencia uniforme. Ver la tabla del anexo N° 05.

-En el caso de la muestra N° 06 presentó un aumento de la concentración de alcohol etílico:

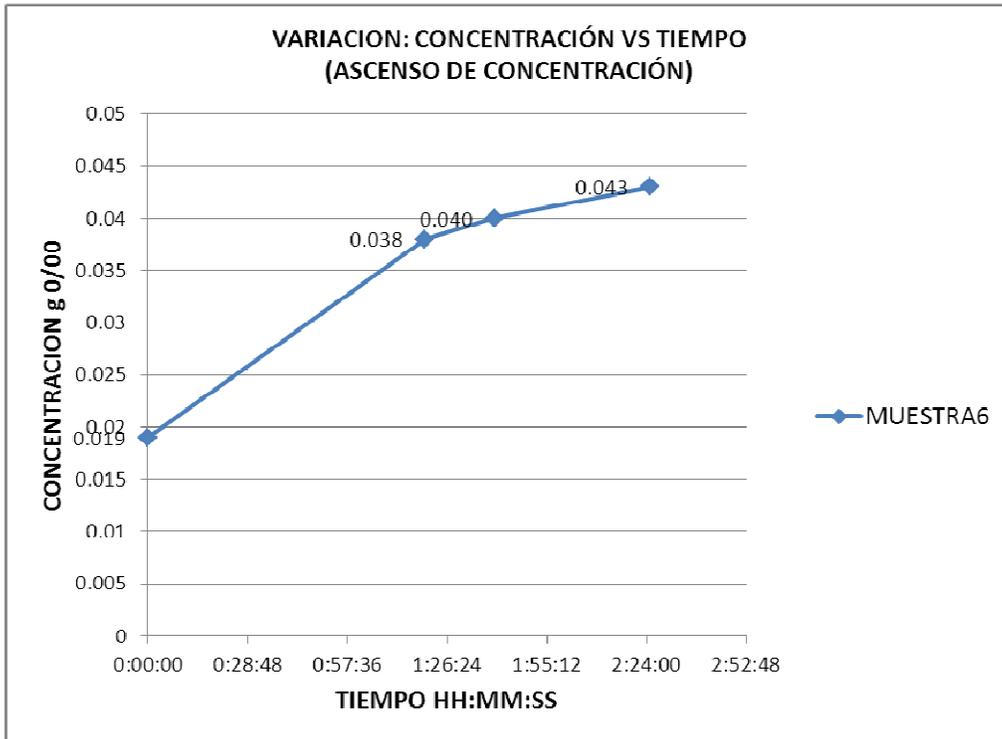


FIGURA N° 03: Concentración Vs Tiempo - Muestra N° 6

-En el caso de las muestras N° 01, 17, 18, 19, 34, 36 y 40 presentaron un descenso de la concentración de alcohol etílico:

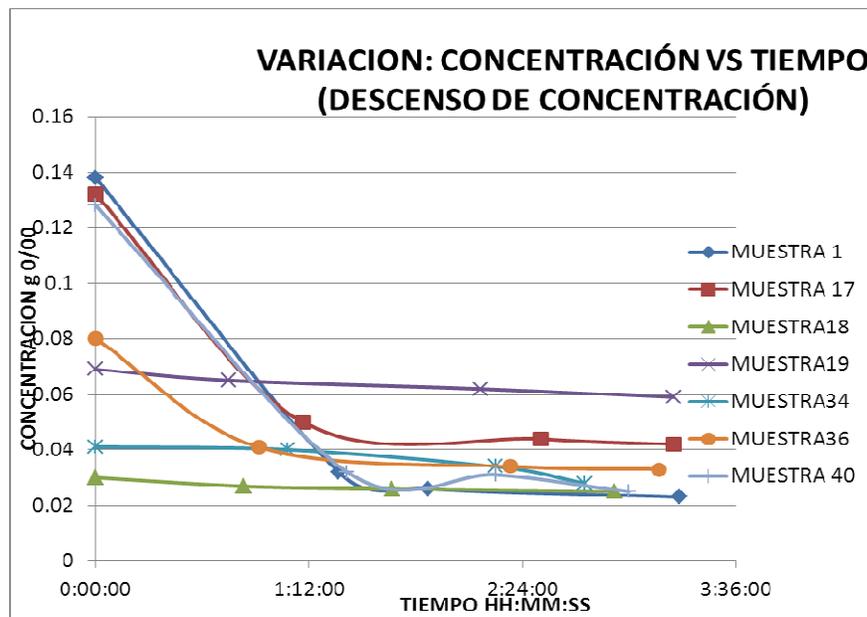


FIGURA N° 04: Concentración Vs Tiempo – Muestras N° 1, 17, 18, 19, 34, 36 y 40

-En el caso de las muestras N° 02, 03, 04, 05, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 41 y 42 presentaron una variación irregular, aumentando y/o disminuyendo la concentración de alcohol etílico.

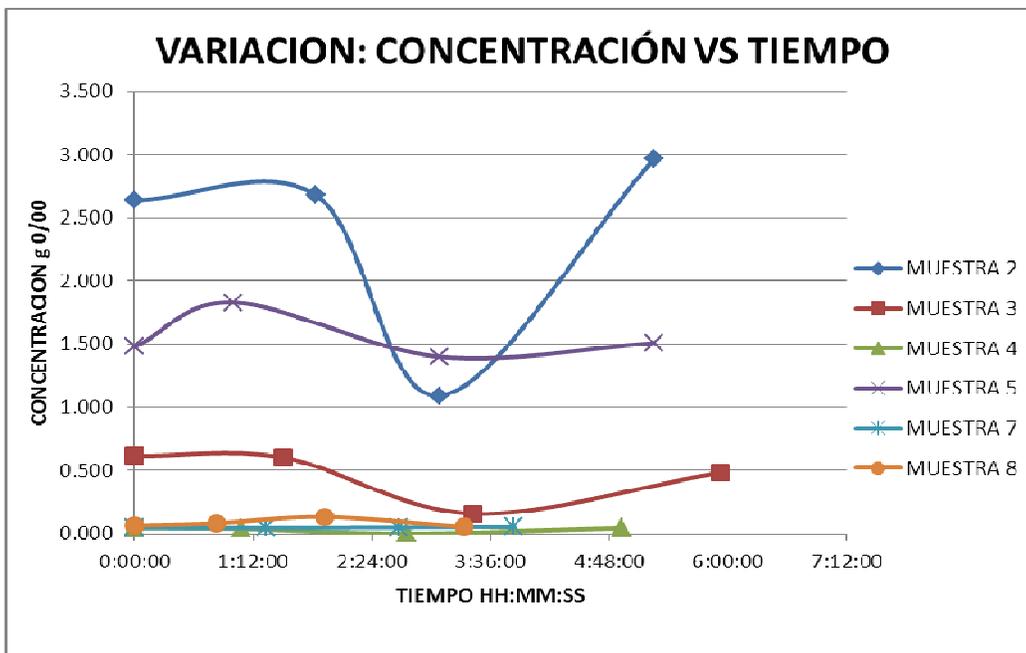


FIGURA N° 05: Concentración Vs Tiempo - Muestras N° 2, 3, 4, 5, 7 y 8

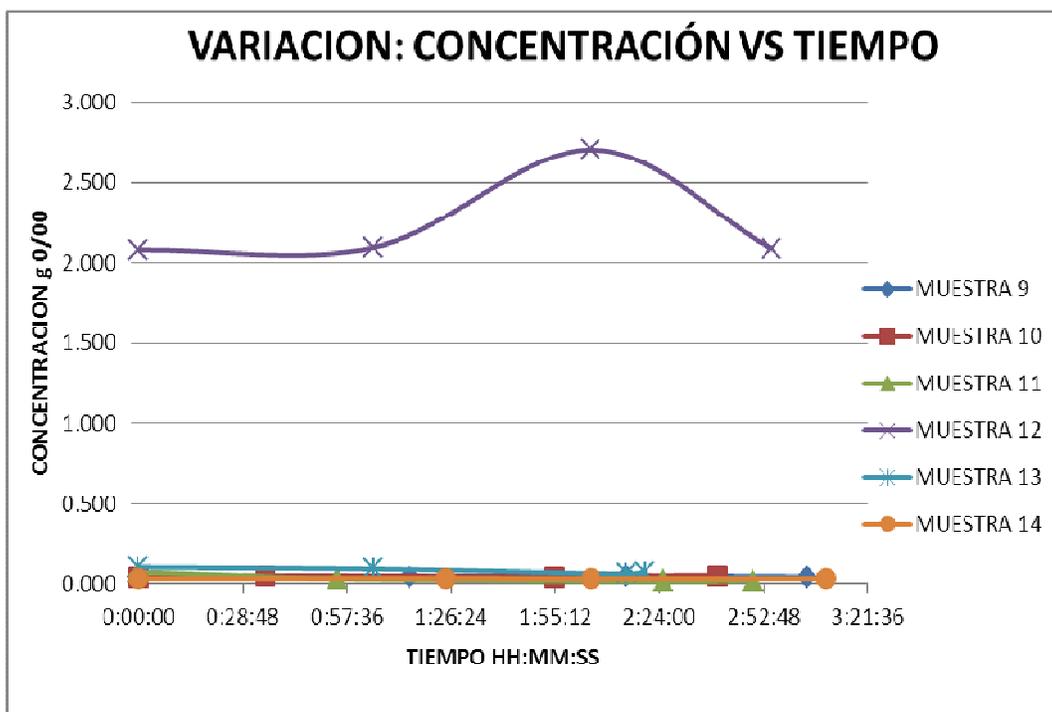


FIGURA N° 06: Concentración Vs Tiempo - Muestras N° 9, 10, 11, 12, 13 y 14

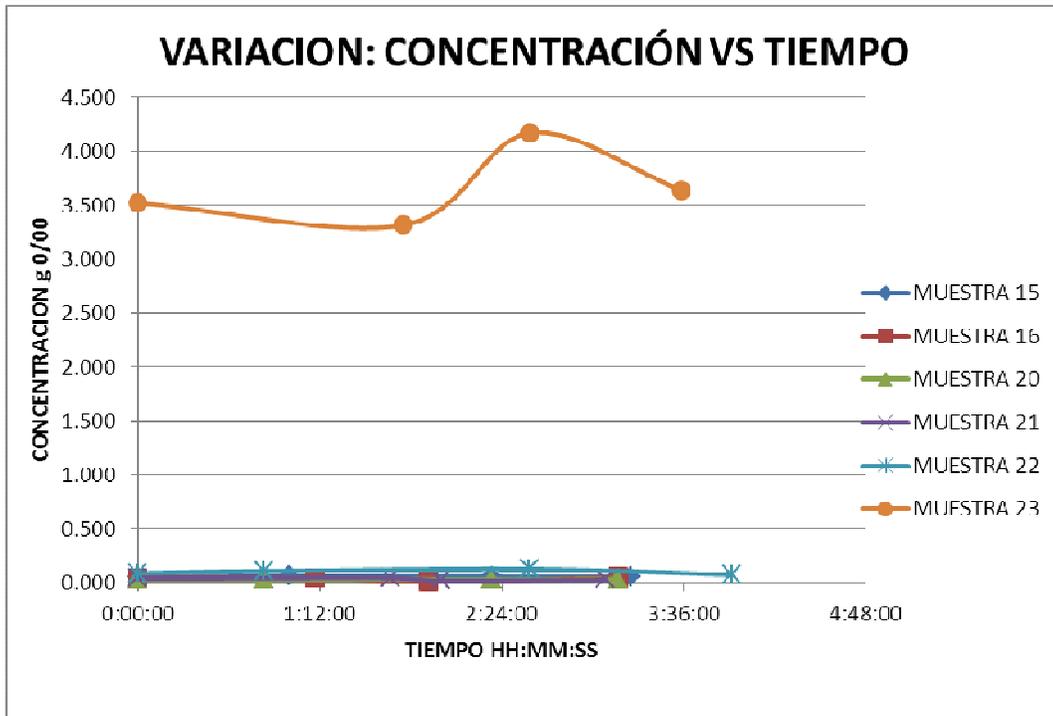


FIGURA N° 07: Concentración Vs Tiempo - Muestras N° 15, 16, 20, 21, 22 y 23

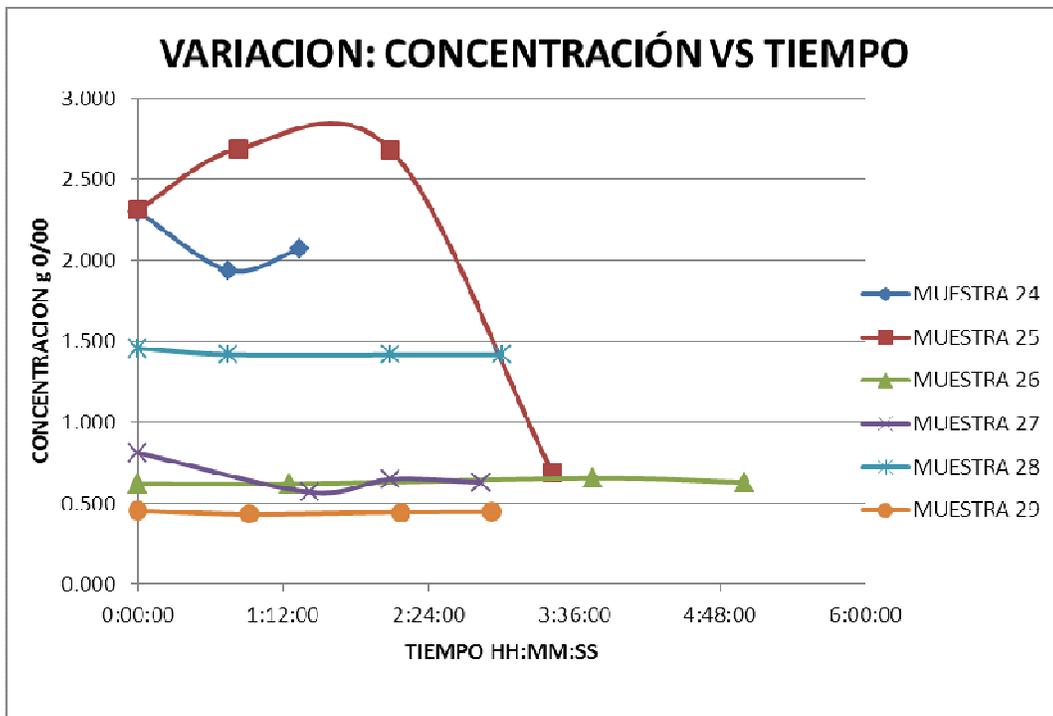


FIGURA N° 08: Concentración Vs Tiempo - Muestras N° 24, 25, 26, 27, 28 y 29

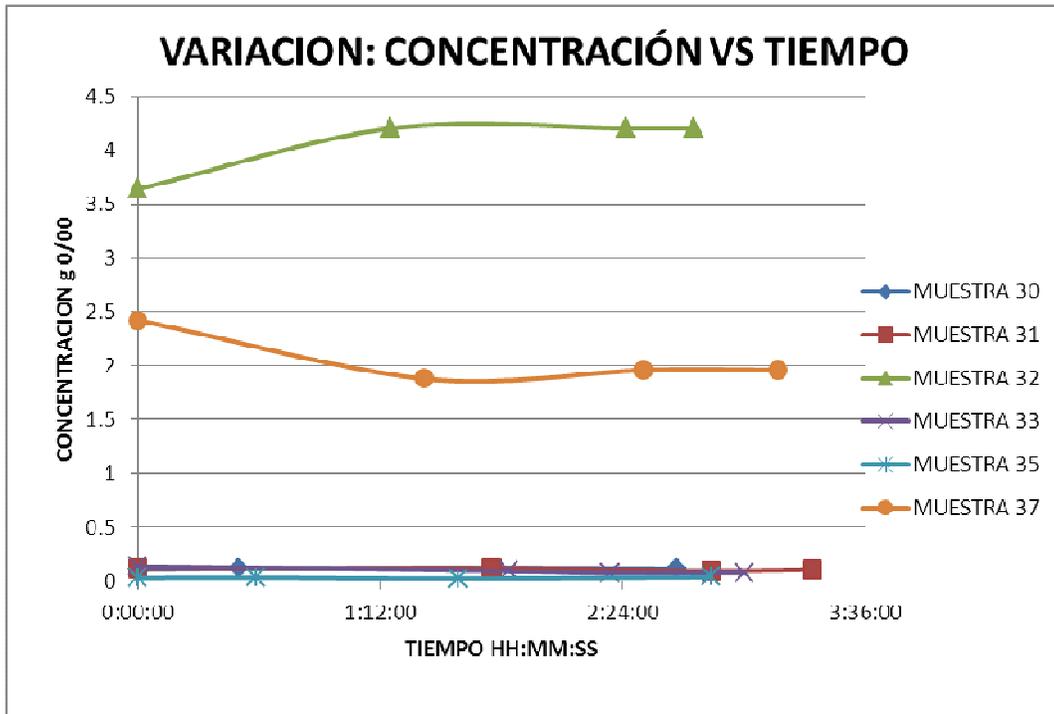


FIGURA N° 09: Concentración Vs Tiempo - Muestras N° 30, 31, 32, 33, 35 y 37

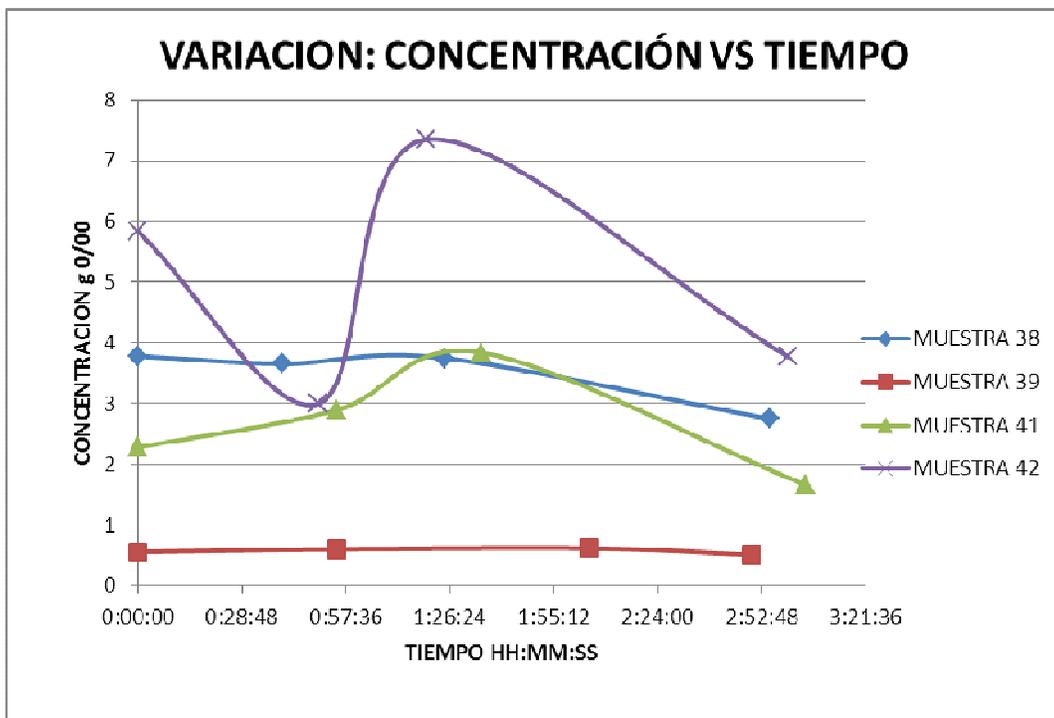


FIGURA N° 10: Concentración Vs Tiempo - Muestras N° 38, 39, 41 y 42

V. Discusión:

El resultado de la concentración de alcohol en sangre (alcoholemia) es en la actualidad un problema de gran complejidad debido a que al ser el alcohol etílico un líquido volátil, éste puede perderse si no hay una adecuada técnica para tomar la muestra, así mismo se debe tener presente la cinética que presenta este analito, pues como se ha visto no es uniforme su concentración en los diversos fluidos del organismo.

Uno de los inconvenientes es cuando la muestra se toma en el lugar de los hechos ya que lo hacen del cuello (vena yugular) o del brazo (vena basílica, radial o cubital), ya que no siempre estas muestras dan un resultado correcto.

En el presente trabajo, los resultados obtenidos se dividieron en tres grupos:

-En el primer grupo que incluye a la muestra N° 06, la concentración de alcohol en sangre (alcoholemia) aumenta en relación al tiempo, se observó en los resultados obtenidos que el menor fue de 0.019 g/L y el mayor de 0.043 g/L en una persona de 42 años de edad(Ver anexo 03 y figura 03).

-En el segundo grupo que incluye a la muestras N° 01, 17, 18, 19, 34, 36 y 39 la concentración de alcohol en sangre (alcoholemia) disminuye en relación al tiempo, se observó en los resultados obtenidos que el menor fue de 0.026 g/L y la mayor de 0.132 g/L en personas de edades que varían entre 17 y 86 años de edad(Ver anexo 04 y figura 04).

-En el último grupo que incluye a la muestras N° 02, 03, 04, 05, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 41 y 42 la concentración de alcohol en sangre (alcoholemia) la variación de alcohol en sangre (alcoholemia) aumenta y/o disminuye en relación al tiempo sin mantener una línea constante, se observó en los resultados obtenidos que el menor fue de 0.001 g/L y el mayor de 7.352 g/L en personas de edades que varían entre 19 y 80 años de edad(Ver anexo 05 y figuras 05, 06, 07, 08, 09 y 10).

En todos los casos debido a que no hay correlación en los datos no se pueden establecer estadígrafos como promedio o varianza.

A todas las muestras se le agregó fluoruro de sodio al 1% y se les mantuvo refrigeradas a una temperatura entre -4°C y 4°C hasta que estén las cuatro muestras completas para realizar el análisis por la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización a la llama con espacio de cabeza.

Estos resultados se pueden explicar teniendo en cuenta la cinética del alcohol etílico, pues es importante remarcar que se debe tener presente en qué fase de la distribución se encuentra, lo que se llama curva de la alcoholemia o área bajo la curva (BAC), ya que puede darse el caso que se encuentre en la etapa ascendente, la etapa constante (meseta) o la fase descendente.

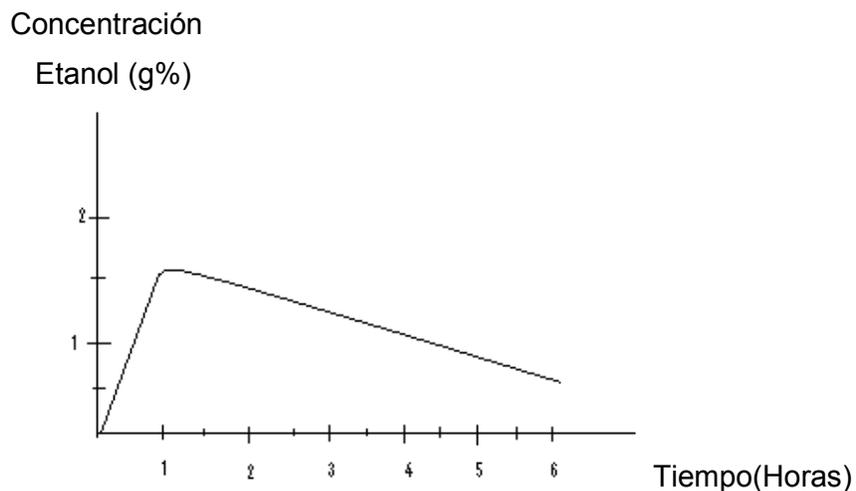


Figura N° 19: Curva de alcoholemia

Según sea el caso, se debe hacer la consideración que el caso amerita.

Así mismo, cabe mencionar que a mayor tiempo transcurrido hay una mayor posibilidad de variación en la concentración de alcohol en sangre, lo cual se debe a factores intrínsecos como flora bacteriana, estados fisiológicos (infecciones, diabetes, última comida rica en carbohidratos, entre otros); o factores extrínsecos (contaminación por una manipulación inadecuada, mala técnica de toma de muestra, almacenamiento a temperaturas altas, presencia de cámaras de aire en el vial de toma de muestra entre otros).^(2,3)

La temperatura de almacenamiento debe ser la menor posible, ello va a evitar la proliferación bacteriana⁽¹⁸⁾, así mismo se debe agregar Fluoruro de Sodio en concentraciones que varíen de 1% a 5% , el cual actúa como preservante y anticoagulante en casos extremos.^(2,3)

En relación a la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización a la llama con espacio de cabeza, se puede decir que es la adecuada por su alta especificidad.^(2,3,5,29,31,32)

Finalmente, de los resultados obtenidos en el presente trabajo y teniendo en consideración la bibliografía revisada se puede indicar que la muestra de

sangre a analizar debe ser tomada de la cavidad cardíaca por ser la más representativa en relación a la concentración de alcohol etílico en sangre (alcoholemia), así mismo debe tomarse la mencionada muestra de sangre con una técnica adecuada, posteriormente se debe almacenar a una temperatura baja que puede ser entre -4°C y 4°C (no a una temperatura entre -20°C y 20°C como indica la literatura, pues es poco práctica y se corre el riesgo de perder la muestra por ruptura del vial), se debe agregar un preservante para evitar el incremento o disminución de la concentración de alcohol etílico por acción bacteriana, el análisis de la muestra debe ser en el menor tiempo posible luego de haber sido tomada la muestra, con la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización a la llama con espacio de cabeza.

VI.-Conclusiones:

1.-Se determinó que existe variación en la concentración de alcohol etílico en las muestras de sangre recolectadas en los cadáveres motivo del presente trabajo utilizando la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización a la llama con espacio cabeza.

2.- Los resultados obtenidos de las muestras fueron comparados pudiéndose observar que hubo variaciones en los resultados, los cuales fueron de tres tipos:

-Aumento, de los resultados obtenidos el menor fue de 0.019 g/L y la mayor de 0.043 g/L en un tiempo de 2 horas y 24 minutos, en una persona de 42 años de edad.

-Disminución, de los resultados obtenidos el menor fue de 0.026 g/L y la mayor de 0.132 g/L en un tiempo de 3 horas y 36 minutos, en personas de edades que varían entre 17 y 86 años de edad.

-Variación irregular, de los resultados obtenidos el menor fue de 0.001 g/L y la mayor de 7.352 g/L en un tiempo de 6 horas, en personas de edades que varían entre 19 y 80 años de edad.

4.-Los resultados obtenidos en las muestras de sangre fueron comparados, se observó que hubo variación de alcohol etílico en la sangre (alcoholemia) en relación al tiempo, el cual fue con un mínimo de 2 horas y un máximo de 6 horas, en que se toma la muestra en los occisos a los que se ha realizado la necropsia de ley en la División de Tanatología Forense del Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Lima.

VII.-Referencias Bibliográficas:

- 1- Fiscalía General de la Nación. Comité Permanente de Cadena de Custodia. Manual de Procedimientos de Cadena de Custodia. 2003. Bogotá(Colombia). Fiscalía General de la Nación; 2003.
- 2- Repetto M. 1 Ed. En: Repetto M., Toxicología Avanzada. Madrid: Díaz de Santos; 1995.
- 3-Villanueva E. Estudio toxicológico y médico – legal del alcohol etílico. En: Gisbert JA et al., Medicina Legal y Toxicología. Barcelona: Masson S.A.; 1998.
- 4- Klaasen CD, Watkins III JB Agentes tóxicos. 7 Ed. En: Klaasen CD, Watkins III JB, Manual de Toxicología. México: Editorial Mc Graw -Hill Intera-mericana - versión en español. 2008.
- 5- Kolb B, Ettre LS. Static Headspace-gas Chromatography. 1 Ed. New Haven: Wiley; 1997.
- 6.- LAURENCE I. Goodman & Gilman: Las Bases de la Farmacología de la Terapéutica, 11 Edición, México, Editorial McGraw – Hill Interamericana de México, 2007.
7. Klaassen C, Amdur M, Dull J. Casarett and Doull's. Toxicology the Basic Science of Poisons". 7 ed. International Edition. Mac-Graw. 2008.
- 8.- Hodge CW, Cox AA. "The discriminative stimulus effects of ethanol are mediated by NMDA and GABA (A) receptors in specific limbic brain regions. Psychofarmacology. 1998;139: 95-107.
- 9.- Narahashi T, Kuriyama K, Illes P, Wirkner K, Fischer W, Muhlber K. "Neuroreceptors and ion channels as targets of alcohol" In: Alcoholism: clinical and experimental research. 2001;25 (supps): 182s-188s.
- 10.- Masters SB, Lee NM. "Alcoholes". En Editores: Farmacología básica y clínica. Katzung B. 7 ed. El Manual Moderno. México. 1999;437-451.13. Hodge CW, Cox AA. "The discriminative stimulus.
- 11.- Téllez J. Toxicología del Alcohol Etílico. En: Guías Académicas de Toxicología. Universidad Nacional de Colombia. 2004.
- 12.- Hernández E, Bravo B, Mencías E. "Alcoholes, cetonas y glicoles". En: Mencías Rodríguez. Mayero Franco. "Manual de Toxicología Básica". Madrid, Ediciones Díaz de Santos. 2000.
- 13- Repetto M. Biotransformación de los tóxicos. 4 Ed. En: Repetto M., Toxicología Fundamental. Madrid: Díaz de Santos; 2009.

- 14.- Carlos Ferrero: Ley de Alcoholemia. Diario oficial El Peruano 2002 mayo 23(Col. 1)
- 15.- Villavicencio N. M. Bioquímica, Fondo Nacional Editorial de la Universidad Mayor de San Marcos, 2 Edición, Lima.1998.
- 16.- Alvarado G. A. T. Determinación de alcohol Post Mortem: Aspectos a considerar para una mejor interpretación. Medicina Legal Costa Rica v.25 n.2 Heredia septiembre. 2008.
- 17.- Hansen A.C. Validity of post mortem alcohol determination. Ugeskr Laeger 156(1)(1994) 55-57.
- 18.- Winek T., Winek CL and Wahba WW. The effect of storage at various temperatures on blood alcohol concentration. Forensic Sci Int 1996 Apr; 78(3): 179-185.
- 19.- Clark MA, Jones JW. Studies of putrefactive ethanol production 1: lack of spontaneous ethanol production in intact human bodies. J Forens Sci 1982; 27: 36 -37.
- 20.- Gormsen H. Alcohol production in the dead body. J Forens Med 1954: 1(5): 314 -315.
- 21.- Chang J., and S.E. Kolman. 1989. The effect of temperature on the formation of ethanol by *Candida albicans* in blood. J. Forensic Sci. 34: 105-111.
- 22.- Helander A., O. Beck, and A. W. Jones. 1995. Distinguishing ingested ethanol from microbial formations by analysis of urinary 5-hydroxytryptophol and 5-hydroxyindoleacetic acid. J. Forensic Sci. 40: 95-98.
- 23.- Blume P., Lakatua DJ. The effect of microbial contamination of blood sample on determination of ethanol levels in serum. Am J Clin Pathol 1973; 60: 700-702.
- 24.- Lough PS and Fehn R. Efficacy of 1% Sodium Fluoride As a preservative in urine samples containing glucose and *Candida albicans*. J Forensic Sci 1993; 38(2): 266-271.
- 25.- Helander A., H. Dahl, Urinary tract infection: a risk factor for falsenegative urinary ethyl glucuronide but not ethyl sulfate in the detectionof recent alcohol consumption, Clin. Chem. 51 (2005) 1728-1730.
- 26.- Helander A., H. Dahl, Urinary tract infection: a risk factor for falsenegative urinary ethyl glucuronide but not ethyl sulfate in the detectionof recent alcohol consumption, Clin. Chem. 51 (2007) 172-173.

- 27.- Skopp, G. 2004. Preanalytic aspects in postmortem toxicology. *Forensic Sci. Int.* 142: 75-100.
- 28.- Sulkowski, H. A., A. H. B. Wu, and Y.S. McCarter. 1995. In vitro production of ethanol in urine by fermentation. *J Forensic Sci.* 40: 990 - 995.
- 29.- Zuba D, Parczewski A and Rozanska M. Effect of salt Addition on sensitivity of HS-SPME-GC Method of volatile Determination. Sensitivity of chemistry, Jagiellonian University, Krakow, Poland.
- 30.- Lévano J. En: Aspectos bioquímicos y legales de la alcoholemia. Lima (Perú); 2003.
- 31.- Bruno Kolb y Leslie Ettre. *Static Headspace-Gas Chromatography*. Second Edition. Editorial Wiley-Interscience. New Jersey. 2006.
- 32.- Skoog-Holler-Nieman. *Principios de Análisis Instrumental*. 5 Edición. Editorial Mac Graw-Hill. Madrid.2001.

ANEXOS

ANEXO 02

RESULTADOS DE LAS LECTURAS REALIZADAS EN EL CROMATÓGRAFO DE GASES CON DETECTOR DE IONIZACIÓN A LA LLAMA DEL LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL DE LA MORGUE CENTRAL DE LIMA.

Nº		Resultado 01	Resultado 02	Resultado 03	Resultado 04	Edad	Sexo
1	Concentración	0,138g/L	0,032 g/L	0.026 g/L	0,023 g/L	86	M
	Hora	09:18 a.m.	10:40a.m.	11:10a.m.	12:35 p.m.		
2	Concentración	2,639 g/L	2,678 g/L	1,091 g/L	2,966 g/L	50	M
	Hora	11:15 a.m.	13:05 p.m.	14:20 p.m.	16:30 p.m.		
3	Concentración	0,613 g/L	0,601 g/L	0,158 g/L	0,482 g/L	29	M
	Hora	09:45 a.m.	11:15 a.m.	13:10 p.m.	15:40 p.m.		
4	Concentración	0,046 g/L	0,039 g/L	0,001 g/L	0,044 g/L	39	
	Hora	08:45 a.m.	09:50 a.m.	11:30	13:40 p.m.		
5	Concentración	1,479 g/L	1,830 g/L	1,399 g/L	1,508 g/L	41	M
	Hora	09:40 a.m.	10:40 a.m.	12:45p.m.	13:40 p.m.		
6	Concentración	0,019 g/L	0,038 g/L	0.040 g/L	0,043 g/L	42	M
	Hora	09:15 a.m.	10:35 a.m.	12:15p.m.	13:00 p.m.		
7	Concentración	0,047 g/L	0,045 g/L	0,048 g/L	0,052 g/L	49	
	Hora	09:10 a.m.	10:50 a.m.	12:10p.m.	13:20 p.m.		
8	Concentración	0,062 g/L	0,081 g/L	0,130 g/L	0,053 g/L	51	M
	Hora	10:15 a.m.	11:05a.m.	12:10p.m.	13:35 p.m.		
9	Concentración	0,043 g/L	0,046 g/L	0,049 g/L	0,044 g/L	80	M
	Hora	10:10 a.m.	11:25 a.m.	12:25p.m.	13:15 p.m.		
10	Concentración	0,04 g/L	0,049 g/L	0,045 g/L	0,053 g/L	68	
	Hora	10:30 a.m.	11:05a.m.	12:25p.m.	13:10 p.m.		
11	Concentración	0,075 g/L	0,033 g/L	0,018 g/L	0,023 g/L	46	M
	Hora	09:15 a.m.	10:10 a.m.	11:50a.m.	12:15 p.m.		
12	Concentración	2,082 g/L	2,095 g/L	2,704 g/L	2,088 g/L	18	M
	Hora	10:25 a.m.	11:30 a.m.	12:30p.m.	13:20 p.m.		
13	Concentración	0,105 g/L	0,094 g/L	0,062 g/L	0,077 g/L	67	
	Hora	13:15 p.m.	14:20 p.m.	15:30 p.m.	16:35 p.m.		
14	Concentración	0,034 g/L	0,035 g/L	0,034 g/L	0,034 g/L	28	M
	Hora	10:25 a.m.	11:50 a.m.	12:30p.m.	13:35 p.m.		
15	Concentración	0,058 g/L	0,066 g/L	0,061 g/L	0,06 g/L	67	M
	Hora	10:05 a.m.	11:05 a.m.	12:25 p.m.	13:20 p.m.		
16	Concentración	0,05 g/L	0,045 g/L	0,013 g/L	0,054 g/L	37	M
	Hora	09:25 a.m.	10:35 a.m.	11:20a.m.	12:35 p.m.		
17	Concentración	0,132 g/L	0,050 g/L	0.044 g/L	0,042 g/L	23	M
	Hora	15:05 p.m.	16:15 p.m.	17:35 p.m.	18:20 p.m.		
18	Concentración	0,030 g/L	0,027 g/L	0.026 g/L	0,025 g/L	17	M
	Hora	09:25 a.m.	10:15 a.m.	11:05a.m.	12:20 p.m.		
19	Concentración	0,069 g/L	0,065 g/L	0.062 g/L	0,059 g/L	31	M
	Hora	12:25p.m.	13:10p.m.	14:35p.m.	15:40 p.m.		
20	Concentración	0,034 g/L	0,034 g/L	0.036 g/L	0,038 g/L	52	F
	Hora	10:20 a.m.	11:10 a.m.	12:40p.m.	13:30 p.m.		
21	Concentración	0,043 g/L	0,047 g/L	0,022 g/L	0,033 g/L	62	M

	Hora	14:15p.m.	15:55 p.m.	16:15 p.m.	17:20 p.m.		
22	Concentración	0,091 g/L	0,112 g/L	0,129 g/L	0,078 g/L	22	M
	Hora	07:25 a.m.	08:15 a.m.	10:00a.m.	11:20 a.m.		
23	Concentración	3,519 g/L	3,314 g/L	4,166 g/L	3,641 g/L	35	M
	Hora	12:05 p.m.	13:50p.m.	14:40 p.m.	15:40 p.m.		
24	Concentración	2,301 g/L	1,939 g/L	2,069 g/L	1,768 g/L	38	M
	Hora	09:25 a.m.	10:10 a.m.	11:05a.m.	12:35 p.m.		
25	Concentración	2,312 g/L	2,69 g/L	2,683 g/L	0,689 g/L	29	M
	Hora	14:25p.m.	15:15 p.m.	16:30 p.m.	17:50 p.m.		
26	Concentración	0,621 g/L	0,62 g/L	0,654 g/L	2,29 g/L	24	M
	Hora	22:25 p.m.	23:40 p.m.	02:20a.m.	03:35 a.m.		
27	Concentración	0,812 g/L	0,569 g/L	0,648 g/L	0,63 g/L	27	M
	Hora	20:15 p.m.	21:40 p.m.	22:20p.m.	23:05p.m.		
28	Concentración	1,458 g/L	1,42 g/L	1,418 g/L	1,418 g/L	24	M
	Hora	11:25 a.m.	12:10 p.m.	13:30 p.m.	14:25 p.m.		
29	Concentración	0,455 g/L	0,433 g/L	0,446 g/L	0,45 g/L	28	M
	Hora	15:25a.m.	16:30 p.m.	17:45 p.m.	18:30 p.m.		
30	Concentración	0,109 g/L	0,118 g/L	0,124 g/L	0,117 g/L	19	F
	Hora	12:35 p.m.	13:05p.m.	14:20 p.m.	15:15 p.m.		
31	Concentración	0,118 g/L	0,12 g/L	0,1 g/L	0,109 g/L	68	M
	Hora	15:05p.m.	16:50p.m.	17:55 p.m.	18:25 p.m.		
32	Concentración	3,64 g/L	4,204 g/L	4,215 g/L	3,875 g/L	61	M
	Hora	23:25 p.m.	00:40a.m.	01:50 a.m.	02:10 a.m.		
33	Concentración	0,14 g/L	0,097 g/L	0,079 g/L	0,082 g/L	49	M
	Hora	15:05p.m.	16:55p.m.	17:25 p.m.	18:05 p.m.		
34	Concentración	0,041 g/L	0,040 g/L	0,034 g/L	0,028 g/L	43	M
	Hora	08:05 a.m.	09:10 a.m.	10:20a.m.	11:00a.m.		
35	Concentración	0,035 g/L	0,037 g/L	0,029 g/L	0,042 g/L	26	M
	Hora	20:45 p.m.	21:20 p.m.	22:20 p.m.	23:25 p.m.		
36	Concentración	0,080 g/L	0,041 g/L	0,034 g/L	0,033 g/L	22	M
	Hora	20:35 p.m.	21:30p.m.	22:45p.m.	23:35p.m.		
37	Concentración	2,424 g/L	1,883 g/L	1,961 g/L	1,868 g/L	19	M
	Hora	12:05 a.m.	01:30 a.m.	02:35 a.m.	03:15 a.m.		
38	Concentración	3,782 g/L	3,658 g/L	3,747 g/L	2,749 g/L	45	M
	Hora	07:45 a.m.	08:25 p.m.	09:10a.m.	10:40 a.m.		
39	Concentración	0,554 g/L	0,603 g/L	0,618 g/L	0,511 g/L	25	M
	Hora	20:15 p.m.	21:10 p.m.	22:20 p.m.	23:05 p.m.		
40	Concentración	0,128 g/L	0,032 g/L	0,031 g/L	0,025 g/L	31	M
	Hora	16:15 p.m.	17:40 p.m.	18:20 p.m.	19:05 p.m.		
41	Concentración	2,280 g/L	2,893 g/L	3,842 g/L	1,658 g/L	27	M
	Hora	12:25p.m.	13:20p.m.	14:10 p.m.	15:40 p.m.		
42	Concentración	5,839 g/L	2,994 g/L	7,352 g/L	3,773 g/L	29	M
	Hora	09:30 a.m.	10:20a.m.	11:10a.m.	12:50 p.m.		

ANEXO N° 03

RESULTADOS DE LA LECTURA REALIZADA EN EL CROMATÓGRAFO DE GASES CON DETECTOR DE IONIZACIÓN A LA LLAMA DEL LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL DE LA MORGUE CENTRAL DE LIMA: AUMENTO DE LA CONCENTRACIÓN.

N°		Resultado 01	Resultado 02	Resultado 03	Resultado 04	Edad	Sexo
6	Concentración	0,019 G/L	0,038 g/L	0.040 g/L	0,043 g/L	42	M
	Hora	09:15 a.m.	10:35 a.m.	12:15p.m.	13:00 p.m.		

ANEXO N° 04

RESULTADOS DE LA LECTURA REALIZADA EN EL CROMATÓGRAFO DE GASES CON DETECTOR DE IONIZACIÓN A LA LLAMA DEL LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL DE LA MORGUE CENTRAL DE LIMA: DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN.

N°		Resultado 01	Resultado 02	Resultado 03	Resultado 04	Edad	Sexo
1	Concentración	0,138 g/L	0,032 g/L	0.026 g/L	0,023 g/L	86	M
	Hora	09:18 a.m.	10:40a.m.	11:10a.m.	12:35 p.m.		
17	Concentración	0,132 g/L	0,050 g/L	0.044 g/L	0,042 g/L	23	M
	Hora	15:05 p.m.	16:15 p.m.	17:35 p.m.	18:20 p.m.		
18	Concentración	0,030 g/L	0,027 g/L	0.026 g/L	0,025 g/L	17	M
	Hora	09:25 a.m.	10:15 a.m.	11:05a.m.	12:20 p.m.		
19	Concentración	0,069 g/L	0,065 g/L	0.062 g/L	0,059 g/L	31	M
	Hora	12:25p.m.	13:10p.m.	14:35p.m.	15:40 p.m.		
34	Concentración	0,041 g/L	0,040 g/L	0,034 g/L	0.028 g/L	43	M
	Hora	08:05 a.m.	09:10 a.m.	10:20a.m.	11:00a.m.		
36	Concentración	0.080 g/L	0.041 g/L	0.034 g/L	0.033 g/L	22	M
	Hora	20:35 p.m.	21:30p.m.	22:45p.m.	23:35p.m.		
40	Concentración	0.128 g/L	0.032 g/L	0.031 g/L	0.025 g/L	31	F
	Hora	16:15 p.m.	17:40 p.m.	18:20 p.m.	19:05 p.m.		

ANEXO N° 05

RESULTADOS DE LA LECTURA REALIZADA EN EL CROMATÓGRAFO DE GASES CON DETECTOR DE IONIZACIÓN A LA LLAMA DEL LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL DE LA MORGUE CENTRAL DE LIMA: VARIACIÓN IRREGULAR DE LA CONCENTRACIÓN.

N°		Resultado 01	Resultado 02	Resultado 03	Resultado 04	Edad	Sexo
2	Concentración	2,639 g/L	2,678 g/L	1,091 g/L	2,966 g/L	50	M
	Hora	0:00:00	1:50:00	3:05:00	5:15:00		
3	Concentración	0,613 g/L	0,601 g/L	0,158 g/L	0,482 g/L	29	M
	Hora	0:00:00	1:30:00	3:25:00	5:55:00		
4	Concentración	0,046 g/L	0,039 g/L	0,001 g/L	0,044 g/L	39	M
	Hora	0:00:00	1:05:00	2:45:00	4:55:00		
5	Concentración	1,479 g/L	1,830 g/L	1,399 g/L	1,508 g/L	41	M
	Hora	0:00:00	1:00:00	3:05:00	5:15:00		
7	Concentración	0,047 g/L	0,045 g/L	0,048 g/L	0,052 g/L	49	M
	Hora	0:00:00	1:20:00	2:40:00	3:50:00		
8	Concentración	0,062 g/L	0,081 g/L	0,130 g/L	0,053 g/L	51	M
	Hora	0:00:00	0:50:00	1:55:00	3:20:00		
9	Concentración	0,043 g/L	0,046 g/L	0,049 g/L	0,044 g/L	80	M
	Hora	0:00:00	1:15:00	2:15:00	3:05:00		
10	Concentración	0,04 g/L	0,049 g/L	0,045 g/L	0,053 g/L	68	M
	Hora	0:00:00	0:35:00	1:55:00	2:40:00		
11	Concentración	0,075 g/L	0,033 g/L	0,018 g/L	0,023 g/L	46	M
	Hora	0:00:00	0:55:00	2:25:00	2:50:00		
12	Concentración	2,082 g/L	2,095 g/L	2,704 g/L	2,088 g/L	18	M
	Hora	0:00:00	1:05:00	2:05:00	2:55:00		
13	Concentración	0,105 g/L	0,094 g/L	0,062 g/L	0,077 g/L	67	M
	Hora	0:00:00	1:05:00	2:15:00	2:20:00		
14	Concentración	0,034 g/L	0,035 g/L	0,034 g/L	0,034 g/L	28	M
	Hora	0:00:00	1:25:00	2:05:00	3:10:00		
15	Concentración	0,058 g/L	0,066 g/L	0,061 g/L	0,06 /L	67	M
	Hora	0:00:00	1:00:00	2:20:00	3:15:00		
16	Concentración	0,05 g/L	0,045 g/L	0,013 g/L	0,054 g/L	37	F
	Hora	0:00:00	1:10:00	1:55:00	3:10:00		
20	Concentración	0,034 g/L	0,034 g/L	0,036 g/L	0,038 g/L	52	M
	Hora	0:00:00	0:50:00	2:20:00	3:10:00		
21	Concentración	0,043 g/L	0,047 g/L	0,022 g/L	0,033 g/L	62	M
	Hora	0:00:00	1:40:00	2:00:00	3:05:00		
22	Concentración	0,091 g/L	0,112 g/L	0,129 g/L	0,078 g/L	22	M
	Hora	0:00:00	0:50:00	2:35:00	3:55:00		

23	Concentración	3,519 g/L	3,314 g/L	4,166 g/L	3,641 g/L	35	M
	Hora	0:00:00	1:45:00	2:35:00	3:35:00		
24	Concentración	2,301 g/L	1,939 g/L	2,069 g/L	1,768 g/L	38	M
	Hora	0:00:00	0:45:00	1:20:00	2:50:00		
25	Concentración	2,312 g/L	2,69 g/L	2,683 g/L	0,689 g/L	29	M
	Hora	0:00:00	0:50:00	2:05:00	3:25:00		
26	Concentración	0,621 g/L	0,62 g/L	0,654 g/L	2,29 g/L	24	F
	Hora	0:00:00	1:15:00	3:45:00	5:00:00		
27	Concentración	0,812 g/L	0,569 g/L	0,648 g/L	0,63 g/L	27	M
	Hora	0:00:00	1:25:00	2:05:00	2:50:00		
28	Concentración	1,458 g/L	1,42 g/L	1,418 g/L	1,418 g/L	24	M
	Hora	0:00:00	0:45:00	2:05:00	3:00:00		
29	Concentración	0,455 g/L	0,433 g/L	0,446 g/L	0,45 g/L	28	M
	Hora	0:00:00	0:55:00	2:10:00	2:55:00		
30	Concentración	0,109 g/L	0,118 g/L	0,124 g/L	0,117 g/L	19	M
	Hora	0:00:00	0:30:00	1:45:00	2:40:00		
31	Concentración	0,118 g/L	0,12 g/L	0,1 g/L	0,109 g/L	68	M
	Hora	0:00:00	1:45:00	2:50:00	3:20:00		
32	Concentración	3,64 g/L	4,204 g/L	4,215 g/L	3,875 g/L	61	M
	Hora	0:00:00	1:15:00	2:25:00	2:45:00		
33	Concentración	0,14 g/L	0,097 g/L	0,079 g/L	0,082 g/L	49	M
	Hora	0:00:00	1:50:00	2:20:00	3:00:00		
35	Concentración	0,035 g/L	0,037 g/L	0,029 g/L	0,042 g/L	26	M
	Hora	0:00:00	0:35:00	1:35:00	2:50:00		
37	Concentración	2.424 g/L	1.883 g/L	1.961 g/L	1.868 g/L	19	M
	Hora	0:00:00	1:25:00	2:30:00	3:10:00		
38	Concentración	3.782 g/L	3.658 g/L	3.747 g/L	2.749 g/L	45	M
	Hora	0:00:00	0:40:00	1:25:00	2:55:00		
39	Concentración	0.554 g/L	0.603 g/L	0.618 g/L	0.511 g/L	25	M
	Hora	0:00:00	0:55:00	2:05:00	2:50:00		
41	Concentración	2.280 g/L	2.893 g/L	3.842 g/L	1.658 g/L	27	M
	Hora	0:00:00	0:55:00	1:35:00	3:05:00		
42	Concentración	5.839 g/L	2.994 g/L	7.352 g/L	3.773 g/L	29	M
	Hora	0:00:00	0:50:00	1:20:00	3:00:00		

ANEXO N° 06

Ley que modifica los Artículos 111°, 124° y 274° del Código Penal referidos al homicidio culposo, lesiones culposas y conducción en estado de ebriedad o drogadicción y el Art. 135° del Código Procesal Penal, sobre Mandato de Detención
PODER LEGISLATIVO
LEY N° 27753

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

El Congreso de la República

ha dado la Ley siguiente:

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

Ley que modifica los Artículos 111°, 124° y 274° del Código Penal referidos al homicidio culposo, lesiones culposas y conducción en estado de ebriedad o drogadicción y el Art. 135° del Código Procesal Penal, sobre Mandato de Detención

Artículo 1°.- Modifica los Artículos 111°, 124° y 274° del Código Penal

Modifícanse los Artículos 111°, 124° y 274° del Código Penal en los términos siguientes:

"Artículo 111°.- Homicidio Culposo

El que, por culpa, ocasiona la muerte de una persona, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de dos años o con prestación de servicios comunitarios de cincuenta y dos a ciento cuatro jornadas.

La pena privativa de la libertad será no menor de cuatro años ni mayor de ocho años e inhabilitación, según corresponda, conforme al Artículo 36° incisos 4), 6) y 7), cuando el agente haya estado conduciendo un vehículo motorizado bajo el efecto de estupefacientes o en estado de ebriedad, con presencia de alcohol en la sangre en proporción mayor de 0.5 gramos-litro, o cuando sean varias las víctimas del mismo hecho o el delito resulte de la inobservancia de reglas técnicas de tránsito.

La pena será no mayor de cuatro años si el delito resulta de la inobservancia de reglas de profesión, de ocupación o industria y cuando sean varias las víctimas del mismo hecho, la pena será no mayor de seis años.

Artículo 124°.- Lesiones Culposas

El que por culpa causa a otro un daño en el cuerpo o en la salud, será reprimido, por acción privada, con pena privativa de libertad no mayor de un año y con sesenta a ciento veinte días-multa. La acción penal se promoverá de oficio y la pena será privativa de libertad no menor de uno ni mayor de dos años y de sesenta a ciento veinte días-multa, si la lesión es grave.

La pena privativa de la libertad será no menor de tres años ni mayor de cinco años e inhabilitación, según corresponda, conforme al Artículo 36° incisos 4), 6) y 7), cuando el agente haya estado conduciendo un vehículo motorizado bajo el efecto de estupefacientes o en estado de ebriedad, con presencia de alcohol en la sangre en proporción mayor de 0.5 gramos-litro, o cuando sean varias las

víctimas del mismo hecho o el delito resulte de la inobservancia de reglas técnicas de tránsito.

La pena será no mayor de tres años si el delito resulta de la inobservancia de reglas de profesión, de ocupación o industria y cuando sean varias las víctimas del mismo hecho, la pena será no mayor de cuatro años.

Artículo 274º.- Conducción en estado de ebriedad o Drogadicción

El que encontrándose en estado de ebriedad, con presencia de alcohol en la sangre en proporción mayor de 0.5 gramos-litro, o bajo el efecto de estupefacentes, conduce, opera o maniobra vehículo motorizado, instrumento, herramienta, máquina u otro análogo, será reprimido con pena privativa de la libertad no mayor de un año o treinta días-multa como mínimo y cincuenta días-multa como máximo e inhabilitación, según corresponda, conforme al Artículo 36º, incisos 6) y 7).

Cuando el agente presta servicios de transporte público de pasajeros o de transporte pesado, la pena privativa de libertad será no menor de uno ni mayor de dos años o cincuenta días-multa como mínimo y cien días-multa como máximo e inhabilitación conforme al Artículo 36º incisos 6) y 7)."

Artículo 2º.- Modifica el Artículo 135º del Código Procesal Penal

Modifícase el **Artículo 135º** del Código Procesal Penal que quedará redactado en los siguientes términos: "El Juez puede dictar mandato de detención si atendiendo a los primeros recaudos acompañados por el Fiscal Provincial sea posible determinar:

1. Que existen suficientes elementos probatorios de la comisión de un delito que vincule al imputado como autor o partícipe del mismo.

No constituye elemento probatorio suficiente la condición de miembro de directorio, gerente, socio, accionista, directivo o asociado cuando el delito imputado se haya cometido en el ejercicio de una actividad realizada por una persona jurídica de derecho privado.

2. Que la sanción a imponerse sea superior a los cuatro años de pena privativa de libertad; y,

3. Que existen suficientes elementos probatorios para concluir que el imputado intenta eludir la acción de la justicia o perturbar la acción probatoria. No constituye criterio suficiente para establecer la intención de eludir a la justicia, la pena prevista en la Ley para el delito que se le imputa.

En todo caso, el juez penal podrá revocar de oficio el mandato de detención previamente ordenado cuando nuevos actos de investigación pongan en cuestión la suficiencia de las pruebas que dieron lugar a la medida."

Artículo 3º.- Tasas de alcoholemia en aire espirado

Las tasas de alcoholemia en aire espirado, que se efectúen como parte de la actividad preventiva policial serán indiciarias y referenciales en tanto se practique al intervenido el examen de intoxicación alcohólica en la sangre.

Artículo 4°.- Tabla de Alchoolemia

Incorpórese como anexo la tabla de alchoolemia cuyo valor es referencial y forma parte de la presente Ley. Deberá ser expuesta obligatoriamente en lugar visible donde se expendan bebidas alcohólicas.

Comuníquese al señor Presidente de la República para su promulgación.

En Lima, a los veintitrés días del mes de mayo de dos mil dos.

CARLOS FERRERO

Presidente del Congreso de la República

HENRY PEASE GARCÍA

Primer Vicepresidente del Congreso de la República

AL SEÑOR PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPÚBLICA

POR TANTO:

Mando se publique y cumpla.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los siete días del mes de junio del año dos mil dos.

ALEJANDRO TOLEDO

Presidente Constitucional de la República

FERNANDO OLIVERA VEGA

Ministro de Justicia

ANEXO TABLA DE ALCHOOLEMIA

1° Período: 0.1 a 0.5 g/l: subclínico.

No existe síntomas o signos clínicos, pero las pruebas psicométricas muestran una prolongación en los tiempos de respuesta al estímulo y la posibilidad de accidentes. No tiene relevancia administrativa ni penal.

2° Período: 0.5 a 1.5 g/l: ebriedad.

Euforia, verborragia y excitación, pero con disminución de la atención y pérdida de la eficiencia en actos más o menos complejos y dificultad en mantener la postura. Aquí está muy aumentada la posibilidad de accidentes de tránsito, por disminución de los reflejos y el campo visual.

3° Período: 1.5 a 2.5 g/l: ebriedad absoluta.

Excitación, confusión, agresividad, alteraciones de la percepción y pérdida de control.

4° Período: 2.5 a 3.5 g/l: grave alteración de la conciencia.

Estupor, coma, apatía, falta de respuesta a los estímulos, marcada descordinación muscular, relajación de los esfínteres.

5° Período: niveles mayores de 3.5 g/l: coma.

Hay riesgo de muerte por el coma y el aparato respiratorio con afección neumológica, bradicardia con vaso dilatación periférica y afección intestinal.

Fuente: Diario Oficial El Peruano³⁶⁾

ANEXO N° 07