



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**CUANTIFICACIÓN DE ETANOL DE DIFERENTES MUESTRAS  
BIOLÓGICAS OBTENIDAS Y PROPORCIONADAS POR SUJETOS EN EL  
DISTRITO FEDERAL**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

**PRESENTA**

**DANIEL ALEJANDRO TREJO JUÁREZ**

**Cd. Universitaria, D. F. 2014**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesor: FRANCISCO ROJO CALLEJAS

**VOCAL:** Profesor: PERLA CAROLINA CASTAÑEDA LOPEZ

**SECRETARIO:** Profesor: MARIA DEL PILAR SAUCEDO RAMIREZ

**1er. SUPLENTE:** Profesor: SILVIA CITLALLI GAMA GONZALEZ

**2° SUPLENTE:** Profesor: MARIA ELENA BRAVO GOMEZ

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Laboratorio de Química Forense. Coordinación General de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal.

## **ASESOR DEL TEMA:**

MARIA DEL PILAR SAUCEDO RAMIREZ

## **SUSTENTANTE:**

DANIEL ALEJANDRO TREJO JUÁREZ

## INDICE

Capítulo I. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Hipótesis de trabajo.....	3
Capítulo II. Marco teórico .....	4
2.1 Química Forense.....	4
2.2 Toxicología Forense .....	6
2.3 Toxicología del etanol.....	7
2.3.1 Metabolismo del etanol .....	9
2.3.1.1 Distribución.....	11
2.3.1.2 Catabolismo del etanol .....	13
2.3.1.2.1 Vía alcohol deshidrogenasa .....	14
2.3.1.2.2 Vía MEOS (Sistema de Oxidación Microsómica del Etanol) .....	15
2.3.1.2.3 Vía de las catalasas .....	16
2.3.1.2.4 Oxidación del acetaldehído .....	16
2.3.1.3 Excreción.....	17
2.3.1.3.1 Eliminación pulmonar .....	17
2.3.1.3.2 Eliminación urinaria .....	17
2.3.2 Farmacodinamia del consumo agudo de alcohol.....	18
2.3.2.1 Sistema Nervioso Central .....	18
2.3.2.2 Corazón.....	19
2.3.2.3 Músculo liso.....	19
2.3.3 Consecuencias del consumo crónico de alcohol .....	20
2.3.3.2 Sistema Nervioso .....	20
2.3.3.2.1 Tolerancia y dependencia .....	20
2.3.3.2.2 Neurotoxicidad .....	20
2.3.3.3 Sangre.....	21
2.3.3.4 Sistema endocrino y equilibrio electrolítico.....	21
2.4 Características de las muestras biológicas .....	21
2.4.1 Orina .....	21

2.4.2 Sangre .....	22
2.5 Interpretación de la concentración de etanol en sangre y orina .....	24
2.5.1 Examen de alcoholuria .....	24
2.5.2 Cálculo del alcohol ingerido .....	24
2.6 Cromatografía de gases .....	25
2.6.1 Antecedentes .....	25
2.6.2 Tipos de Cromatografía de Gases .....	27
2.6.3 Módulos del Cromatógrafo de Gases (CG).....	28
2.6.3.1 Gas portador.....	29
2.6.3.2 Introducción de la muestra e inyección.....	30
2.6.3.2.1 Headspace HS .....	31
2.6.3.3 Columnas .....	32
2.6.3.4 Detectores .....	33
2.6.3.4.1 Detector de Ionización de Llama (FID) .....	34
2.6.4 Interpretación del Cromatograma .....	35
2.6.4.1 Análisis Cuantitativo .....	35
Capítulo III. Diseño experimental y/o metodología .....	38
3.1 Metodología.....	38
3.2 Condiciones del equipo .....	48
3.2.1 Datos de columna .....	48
3.2.2 Cromatógrafo de Gases.....	48
3.2.3 Headspace.....	49
3.3 Material.....	50
3.4 Reactivos.....	50
3.5 Disposición de Residuos Peligrosos Biológicos e Infecciosos (RPBI).....	51
Capítulo IV. Resultados y discusión .....	53
Capítulo VI. Conclusiones .....	83
Capítulo VII. Bibliografía.....	85
Capítulo VIII. Anexos.....	88

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

La Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal conforme a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos a través de un Ministerio Público y Policías Auxiliares, se encarga de la investigación y persecución de los delitos, por lo tanto dicha investigación se apoya a través de la Coordinación General de Servicios Periciales, auxiliando en el esclarecimiento de un hecho probablemente delictivo, y determinando una vinculación real y científica de un indicio encontrado en el lugar de la investigación, por lo tanto la Criminalística será la primera en tomar parte en todo el proceso pericial ya que en ella se conjuntan todas las especialidades que aplican conocimientos, métodos y técnicas de investigación.

Una de las especialidades o áreas con que cuenta la Coordinación General de Servicios Periciales es la Química Forense, que comienza su labor de investigación en el momento en que, a petición expresa de la autoridad competente requiere de estudios de análisis químicos para poder determinar la presencia o ausencia de sustancias, su naturaleza química, clasificación y/o cuantificación, teniendo como base el método científico experimental. Algunos de los análisis que se realizan son: rastreos hemáticos, prueba de Walker, prueba de rodizonato de sodio, identificación y cuantificación de etanol y metabolitos de drogas en muestras biológicas, identificación de: grupo sanguíneo, venenos y sustancias explosivas, entre otras.

Todo esto se representa a través de un dictamen pericial que es la opinión o juicio técnico científico especializado emitido, con respecto del examen de personas, objetos y hechos y que tiene como fin fundamentar y demostrar las conclusiones planteadas.

## 1.1 Planteamiento del problema

En la sociedad actual se llevan a cabo diversos hechos relacionados con el consumo de bebidas alcohólicas que pueden ir desde la alteración del orden público (riñas, desorden en vía pública, lesiones, daños en propiedad ajena, delitos sexuales, etc.) hasta el homicidio (tránsito vehicular, arma de fuego, arma blanca, robo, violencia intrafamiliar, violación) los cuales son investigados como delitos por el Agente del Ministerio Público o el Juez para ser tipificados con base en las leyes, códigos y reglamentos locales, quienes para este fin se auxiliarán de la policía y de los servicios periciales.

El Agente del Ministerio Público o Juez solicita la intervención de las áreas especializadas a los Servicios Periciales (Fotografía Forense, Criminalística, Medicina Forense, Química Forense, Genética Forense, Entomología Forense, Identificación, Tránsito Terrestre, Valuación, entre otras), quienes apegadas a la metodología científica efectúan cada uno de los estudios que a su técnica, arte u oficio corresponda, para apoyar a la autoridad competente en los hechos investigados como delito.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos de cada uno de los estudios realizados por cada área, quedan asentados en los documentos denominados dictámenes, para ser valorados por parte de la autoridad competente, y junto con las demás investigaciones establecer la situación jurídica de la persona.

Por lo tanto un área muy importante para comenzar a esclarecer la situación jurídica de las personas, quienes la autoridad competente investiga por estar relacionadas en los hechos investigados como delitos es el área de Química Forense, la cual se encarga de efectuar los análisis químicos en diferentes muestras biológicas, las cuales son proporcionadas por sujetos vivos que se presume que ingirieron o no, algún tipo de bebidas alcohólicas y/o drogas, así como obtenidas de sujetos muertos relacionados con los hechos.

Los análisis estadísticos ayudarán a soportar la información permitiendo evaluar, determinar y confirmar la realidad que es transformada para predecir acontecimientos, hechos o comportamientos.

## **1.2 Objetivos**

Determinar por medio de la Cromatografía de gases, la cantidad de etanol en las muestras biológicas obtenidas de los sujetos involucrados en hechos investigados como delitos en el Distrito Federal.

Aplicar un método estadístico para analizar los resultados de etanol obtenidos en las muestras biológicas contra las características propias de los sujetos y los datos relacionados, para así establecer las tendencias obtenidas en el Distrito Federal.

Observar las tendencias de los diferentes parámetros obtenidos de los sujetos involucrados en hechos investigados como delitos: Fiscalías, delitos, mes del año en que presentan, edad, género, tipo de muestra, ocupación, tiempo transcurrido de la toma de muestra.

## **1.3 Hipótesis de trabajo**

Si al determinar la cantidad de etanol por medio de Cromatografía de Gases, de las muestras biológicas obtenidas y proporcionadas por sujetos involucrados en hechos investigados como delitos, se encuentran concentraciones positivas a la presencia de etanol, entonces se pueden establecer las tendencias de los datos obtenidos relacionados con las muestras (Fiscalías, delitos, mes del año en que se presentan, edad, género, tipo de muestra, ocupación y tiempo transcurrido de la toma de muestra) por medio de métodos estadísticos.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Química Forense

Es la rama de la ciencia química que basada en el método científico experimental, apoya a las investigaciones criminalísticas que la autoridad judicial competente (Ministerio Público o Juez) investiga en delitos contemplados como tal en las leyes, códigos y reglamentos que rigen a la sociedad y así llegar a la verdad histórica de los hechos.

El Laboratorio de Química Forense constituye un área de enorme importancia en la Coordinación General de Servicios Periciales de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal. En él son analizados todo tipo de muestras que son obtenidas y clasificadas como parte de la investigación criminalística. Estas muestras son obtenidas en lugares donde se presume se consumó un hecho constitutivo como delito, tomadas durante la necropsia de personas que perdieron la vida, así como muestras proporcionadas por personas, para poder comprobar o descartar su participación en hechos que se investigan en torno al delito por parte de la autoridad competente (Agente del Ministerio Público o Jueces).

Los principales análisis químicos que se realizan en el Laboratorio de Química Forense son la identificación de:

- a) Drogas consideradas como ilegales por la Ley General de Salud (cocaína, marihuana, anfetaminas, barbitúricos, opiáceos, entre otras).
- b) Sangre humana en muestras de manchas.
- c) Identificación y cuantificación de etanol.
- d) Metabolitos provenientes del consumo de drogas.

- e) Principios activos de medicamentos (clasificación de los considerados como Psicotrópicos y los clasificados como Estupefacientes en especial por la Ley General de Salud).
- f) Residuos provenientes de disparo de un arma de fuego.
- g) Sustancias componentes de los explosivos.
- h) Residuos provenientes de los explosivos.
- i) Hidrocarburos (tolueno, gasolina, diesel, petróleo, entre otros).
- j) Acelerantes del fuego.
- k) Componentes químicos de artificios pirotécnicos.
- l) Sustancias consideradas como venenos.

La Química Forense utiliza los instrumentos y técnicas de la Química Analítica, para hacer un estudio cuantitativo y cualitativo de las sustancias químicas encontradas en el lugar de la investigación. La metodología sistemática y la experiencia práctica aportada por generaciones de químicos, se combinan con las sofisticadas herramientas de la Química Analítica, con el fin de obtener la información necesaria para conocer la naturaleza de cualquier sustancia o elemento. En diferentes delitos, por ejemplo en aquellos en los que se administraron fármacos para cometer secuestros, robos, agresiones sexuales, corrupción de menores, entre otros. (*Klaassen et al, 2006*)

A menudo se le solicita al químico forense que testifique en un procedimiento jurídico, es a lo que se le llama perito. Un perito puede aportar dos tipos de declaraciones: un testimonio objetivo y una opinión. El testimonio objetivo del perito suele consistir en una descripción de sus métodos de análisis y de sus resultados. Cuando un perito hace una interpretación de los resultados analíticos propios o ajenos, está expresando una opinión, dicho testimonio lo rinde como experto ante un juez, y es el juez, y no el perito, el que determina la culpabilidad o la inocencia del acusado.

## 2.2 Toxicología Forense

La toxicología forense es la aplicación de la toxicología con fines legales; la función más frecuente consiste en identificar cualquier sustancia que haya podido causar una lesión o la muerte de una persona o daños contra la propiedad.

*(Córdoba, 2006)*

Las muestras biológicas más empleadas en la toxicología forense incluyen sangre, orina, riñón, cerebro, hígado, bilis, contenidos gástrico, intestino, bazo y más recientemente cabello, uñas, saliva, sudor, pulmón y huesos.

*(Córdoba, 2006)*

El toxicólogo forense analiza las drogas o tóxicos presentes en las muestras biológicas, e interpreta los resultados de los análisis con respecto a los efectos fisiológicos y conductuales de las sustancias químicas detectadas al momento de la comisión del delito en el fallecido o el lesionado.

La causa de la muerte la establecen el médico legista o el médico forense, pero para llegar a una conclusión precisa, suele ser necesario aunar los esfuerzos del médico forense y el toxicólogo. Además un toxicólogo puede facilitar pruebas valiosas sobre las circunstancias que rodearon al delito.

Algunos de estos casos consisten en demostrar la presencia de concentraciones tóxicas de etanol en los accidentes de automóvil o laborales, o de concentraciones tóxicas de monóxido de carbono en víctimas de incendios para determinar si se produjo una muerte antes del incendio o como consecuencia del mismo.

## 2.3 Toxicología del etanol

Como se mencionó anteriormente el etanol, sustancia de abuso utilizada en la mayor parte de las culturas y épocas y tóxico<sup>1</sup> más universalmente consumido, origina una problemática que, en el caso de abuso trasciende a lo social, sanitario, laboral y familiar, por lo que a continuación se presentarán algunas de sus características.

El etanol es un alcohol que procede de la fermentación de sustancias azucaradas como la caña de azúcar, el maíz, almidón, celulosa y otros cultivos. Constituye el elemento activo (unido, a veces, a otros principios también tóxicos) de las bebidas alcohólicas<sup>2</sup>.

Usado como disolvente, antiséptico, intermediario químico, bebida, en la formulación de productos farmacéuticos, combustible desde hace décadas; es un compuesto líquido, incoloro, volátil, inflamable y soluble en agua, cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno, químicamente por un grupo hidroxilo unido a átomos de carbono de una cadena lineal ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ).

Para muchos usos comerciales el alcohol es desnaturalizado<sup>3</sup>. La concentración de las bebidas alcohólicas ordinariamente se da en Vol. %.

*(Dreisbach et al, 1988)*

---

<sup>1</sup> Agente químico o físico capaz de alterar un organismo vivo, el cual puede producir un efecto adverso.

<sup>2</sup> Son bebidas que contienen alcohol etílico en cantidad diferente (grado alcohólico de la bebida).

<sup>3</sup> Alcohol etílico al cual se le adiciona metanol o acetona y que se utilizan como solvente y en procesos químicos.

Las concentraciones aproximadas de las bebidas alcohólicas se expresan en la siguiente tabla, excluyendo las variedades especiales.

**Tabla 1. Graduación de las bebidas alcohólicas**

Bebida	Concentración
Sidra	3-4°
Cerveza de barril	4°
Cerveza embotellada	5-7°
Cervezas especiales	6-10°
Vino común	11-13°
Vino añejo	14-18°
Aperitivos	15-25°
Licores dulces*	20-35°
Destilados **	36-45°

\*Este grupo es muy variado. Los clásicos rondan los 30°, aunque recientemente se consumen licores afrutados de 20°.

\*\*Incluye coñac, brandy, ginebra, ron, anis, whisky, bourbon y otros aguardientes. Casi todos tienen 40°, pero los hay que alcanzan los 60°.

*(Lorenzo et al, 2009)*

El alcohol etílico, siendo una molécula pequeña, con propiedades hidrofílicas<sup>4</sup>, se absorbe rápidamente por el aparato digestivo o por los alveolos, y se distribuye dentro del organismo de acuerdo al contenido de agua de los tejidos. Es oxidado pasando por acetaldehído hasta CO<sub>2</sub> y agua a una velocidad de 100 a 110 mg/kg/hora. El sistema que metaboliza al etanol se satura a una concentración plasmática de 1 mg de etanol por cada mL de plasma.

---

<sup>4</sup> Que tienen afinidad al agua.

Propiedades del etanol:

- 1 g de etanol proporciona 7,1 kcal de energía.
- Gravedad específica = 0,7939 g/mL.
- Punto de fusión = -114.1 °C.
- Punto de ebullición = 78,5 °C.
- Densidad relativa de 0,789 a 20 °C.
- Volumen de Distribución (Vd)<sup>5</sup> para el etanol = 0,53 L/kg  
(Córdoba, 2006)

### 2.3.1 Metabolismo del etanol

El etanol se absorbe en un 20-30 % en el estómago y el resto, en el intestino delgado; todo el etanol que se ingiere es absorbido, no encontrándose nada en las heces. El mecanismo de absorción se realiza por difusión simple<sup>6</sup>, siguiendo la Ley de Fick<sup>7</sup>. El etanol pasa a la sangre a través de la vena porta y desde aquí por el corazón se incorpora a la circulación general. Todo el etanol ingerido pasa a la sangre entre 30 y 60 minutos después de la ingestión, aunque en algunas circunstancias puede retrasarse hasta 3 h. Los factores que condicionan la velocidad de absorción son de dos órdenes: los que modifican la evacuación gástrica y los que modifican la velocidad de difusión, en función de la Ley de Fick.

(Calabuig et al, 2004)

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

---

<sup>5</sup> El volumen de distribución es una constante de proporcionalidad que relaciona la concentración de la droga en un líquido de referencia, típicamente plasma, con la cantidad de droga distribuida en todo el organismo.

<sup>6</sup> Es el pasaje neto (resultante) de moléculas o iones desde una zona de alta concentración hacia una zona de baja concentración.

<sup>7</sup> La primera ley de Fick de la difusión establece que una sustancia se difunde en la dirección que elimina su gradiente de concentración, a una velocidad proporcional a la magnitud de ese gradiente.

Dónde:

S: es la superficie de absorción disponible.

C<sub>1</sub>: la concentración de etanol en el aparato digestivo.

C<sub>2</sub>: la concentración en la sangre.

d: el grosor o la densidad de la membrana.

K: es una constante que influye poco en el caso.

*(Calabuig et al, 2004)*

La difusión es lenta a través del estómago y en consecuencia la mayor parte (70 – 80%) del etanol ingerido se absorbe a partir del duodeno y el tercio superior del yeyuno. Se alcanzan elevadas concentraciones de etanol, similares a las de las bebidas alcohólicas, en la boca, el esófago, el estómago y el tercio superior del yeyuno. A partir del yeyuno la concentración de etanol disminuye rápidamente de modo que en el íleon los valores de etanol son iguales que a los del espacio vascular. *(Rodés et al, 2001)*

La tasa de absorción disminuye por un retraso del vaciamiento gástrico y según el contenido intestinal. Los alimentos retrasan la absorción, produciendo un ascenso más lento y un valor máximo menor de etanol en sangre en individuos que han tomado alimentos en comparación con los que están en ayunas. La absorción de etanol es más lenta a partir de bebidas de baja graduación como la cerveza y el vino que a partir de bebidas destiladas. *(Rodés et al, 2001)*

Además de la vía oral el etanol puede absorberse vía pulmonar y cutánea; en el caso de la vía pulmonar penetra fácilmente y atraviesa la membrana alveolo-capilar por difusión y teóricamente el etanol puede penetrar por vía cutánea, siendo caso de interés las friegas de alcohol. *(Calabuig et al, 2004)*

### 2.3.1.1 Distribución

Una vez que el alcohol es distribuido por todo el organismo, se establece un proceso de difusión hística<sup>8</sup> que vendrá regulado por dos factores: la concentración de agua y la de alcohol con respecto a la sangre. El proceso de reparto se realiza a velocidades muy distintas y no siempre la concentración de alcohol responde a la que teóricamente le debería corresponder en función de su riqueza en agua. La concentración de alcohol en esta fase de distribución dependerá de la fase en que se encuentre el proceso:

*(Calabuig et al, 2004)*

1. Absorción. La pendiente de la recta será más o menos inclinada en función de la velocidad de difusión.

2. Equilibrio de difusión. Una vez que el alcohol llega a la sangre, difunde a los tejidos en función de la riqueza en agua de los líquidos extra e intracelulares. Llega un momento en que se produce un punto de equilibrio, que puede ser un vértice o una meseta. Será un vértice cuando el alcohol que pase de la sangre a los tejidos sufra inmediatamente el proceso de catabolismo.

La pérdida de alcohol en los tejidos se repone con una nueva situación de equilibrio con la sangre y una caída de la concentración de alcohol en ésta. El resultado es una curva descendente cuya pendiente dependerá de la velocidad del catabolismo hístico. Será una meseta cuando la fase de absorción no se ha concluido y la cantidad de alcohol que llega del tubo digestivo se equilibra con la que difunde a los tejidos, es decir, se metaboliza la misma cantidad que se absorbe. Este hecho es más teórico que real. *(Calabuig et al, 2004)*

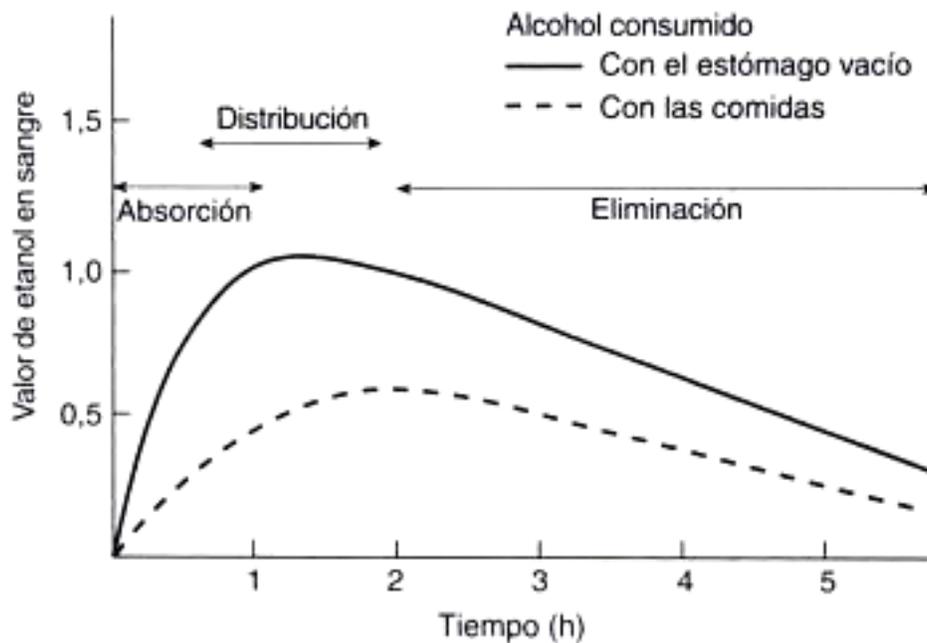
---

<sup>8</sup> Difusión entre los tejidos.

3. Eliminación. El 95 % del alcohol se metaboliza por oxidación y un 5 % se elimina sin modificar por distintos órganos y aparatos.

(Calabuig et al, 2004)

La curva de alcoholemia mostrada a continuación sintetiza algunos de los procesos anteriormente descritos, además representa la evolución de la concentración del alcohol en la sangre en el período de tiempo que sigue a la ingestión hasta su catabolismo total.



**Figura 1. Evolución de la alcoholemia según absorción, producida con estómago lleno o vacío.**

### 2.3.1.2 Catabolismo del etanol

En función del equilibrio de difusión que se alcanza entre la sangre y los tejidos es posible conocer la concentración de alcohol en sangre en un tiempo cero después de establecido el equilibrio de una dosis única de alcohol. El ritmo de disminución de la concentración sanguínea de etanol, después de alcanzar equilibrio con los tejidos es de 150 mg/L por hora; este es el factor  $\beta$  el cual expresa la cantidad de alcohol oxidado por minuto y kilogramo de peso, es individual y puede variar de sujetos a otros, pero como término medio y para uso estadístico, se puede admitir con Widmark que el varón metaboliza **0,0025 g/kg/min**, lo que supone 150 mg/L ( $\pm 0.00056$ ), mientras que en la mujer el valor es de **0,0026 g/kg/min** ( $\pm 0.00037$ ).

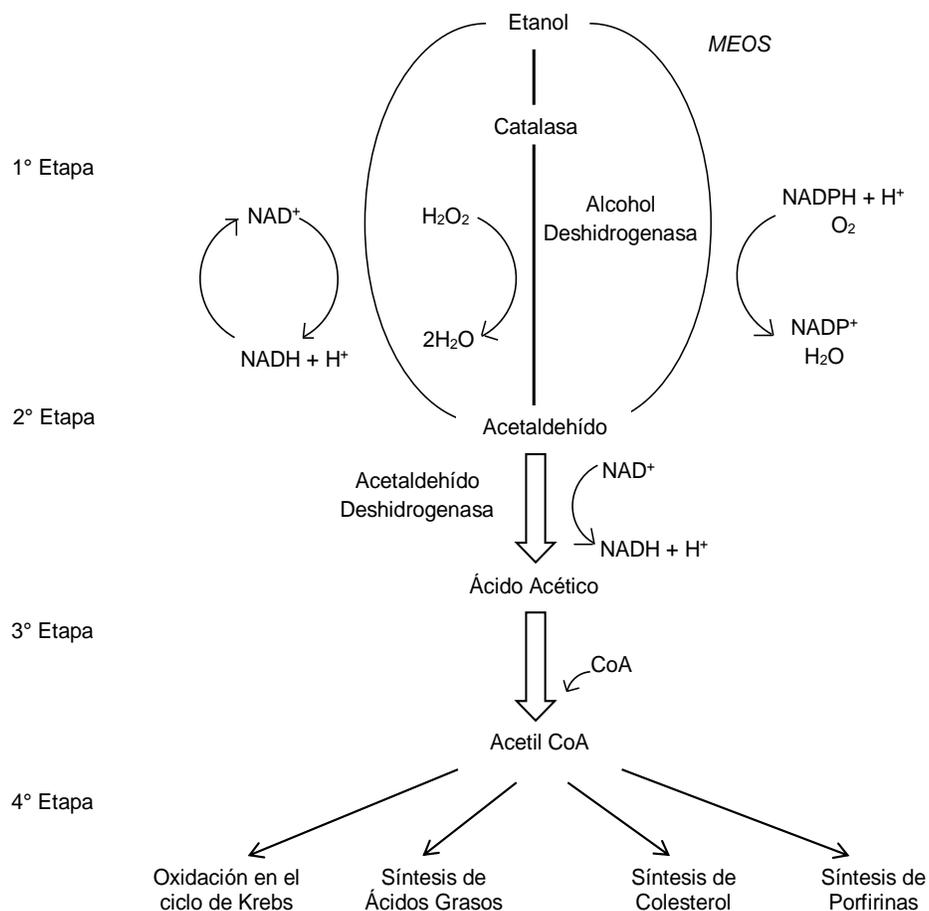
En los alcohólicos crónicos la eliminación es más rápida, pudiendo alcanzar hasta 270 mg/L/h, con rangos entre 160 y 430 mg/L/h. La eliminación del etanol sigue una cinética de orden cero<sup>9</sup>, es decir lineal con el tiempo.

*(Calabuig et al, 2004)*

Se han identificado dos fases del metabolismo de alcohol, la primera fase consiste en tres vías metabólicas de oxidación de alcohol hacia acetaldehído, mientras que en la segunda fase participa la enzima aldehído deshidrogenasa para la oxidación del acetaldehído a acetato (ver figura 2).

---

<sup>9</sup> La velocidad de la reacción es independiente de la concentración de la sustancia o fármaco que puede descomponerse al pasar el tiempo.



**Figura 2. Vías metabólicas del alcohol y distintas etapas que lo constituyen**

### 2.3.1.2.1 Vía alcohol deshidrogenasa

La alcohol deshidrogenasa (ADH) es una enzima citosólica que cataliza la conversión de alcohol en acetaldehído se localiza principalmente en el hígado, pero está presente en pequeñas cantidades en otros órganos, como el cerebro y estómago. (*Katzung et al, 2010*)

En el estómago de los varones ocurre el metabolismo del etanol en cierto grado por la acción de la ADH<sup>10</sup>, pero el porcentaje es menor en mujeres, que parecen tener cifras más bajas de la enzima gástrica.

<sup>10</sup> Alcohol Deshidrogenasa.

Durante la conversión de etanol en acetaldehído por acción de la ADH el ion hidrógeno se transfiere del alcohol al cofactor dinucleótido de nicotinamida y adenina  $\text{NAD}^{+11}$  para formar  $\text{NADH}^{12}$ . Como resultado neto, la oxidación de alcohol genera un exceso de equivalentes reductores en el hígado, principalmente en forma de  $\text{NADH}$ . La producción excesiva de  $\text{NADH}$  parece contribuir a los trastornos metabólicos que acompaña al alcoholismo crónico y tanto a la acidosis láctica como a la hipoglucemia, que suelen acompañar a la intoxicación aguda por alcohol.

*(Katzung et al, 2010)*

### **2.3.1.2.2 Vía MEOS (Sistema de Oxidación Microsómica del Etanol)**

Este sistema enzimático conocido como sistema oxidasa de función mixta, utiliza  $\text{NADPH}^{13}$  como cofactor en el metabolismo del etanol y está constituido principalmente por las formas 2E1, 1A2 y 3A4 del citocromo P450<sup>14</sup>. A concentraciones sanguíneas menores de 100 mg/100 ml (22 mmol/L) el sistema MEOS<sup>15</sup>, que tiene una  $K_m^{16}$  relativamente alta para el alcohol, contribuye poco al metabolismo del etanol. Sin embargo, cuando se consumen cantidades grandes de etanol, el sistema de la deshidrogenasa de alcohol se satura por agotamiento del cofactor requerido,  $\text{NAD}^+$ . Conforme la concentración de etanol aumenta más allá de 100 mg/100 ml hay una mayor contribución del sistema MEOS, que no depende del  $\text{NAD}^+$  como cofactor. *(Katzung et al, 2010)*

---

<sup>11</sup> Nicotinamida Adenina Dinucleótido (Forma oxidada).

<sup>12</sup> Nicotinamida Adenina Dinucleótido (Forma reducida).

<sup>13</sup> Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato (Forma oxidada).

<sup>14</sup> Es una proteína integral de la membrana mitocondrial interna, constituida por un grupo hemo unido a cisteína mediante su tiolato, además funciona para detoxificar xenobióticos y participa en el aclaramiento metabólico de la mayoría de los fármacos.

<sup>15</sup> Sistema Microsómico Oxidante del Etanol.

<sup>16</sup> La constante de Michaelis es la concentración de sustrato que produce una velocidad de  $V_{max}/2$ .

Durante el consumo crónico de alcohol se induce la actividad del MEOS y como consecuencia se produce un aumento significativo no sólo en el metabolismo del etanol sino también en la depuración de otros fármacos eliminados por el citocromo P450, que constituye el sistema MEOS y en la generación de los productos tóxicos derivados de las reacciones con el citocromo P450 (toxinas, radicales libres, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). (*Katzung et al, 2010*)

#### **2.3.1.2.3 Vía de las catalasas**

Se trata de una vía metabólica inducible y muy minoritaria, la enzima implicada en este proceso es la catalasa, que se localiza en los peroxisomas de los hepatocitos, y que requiere la presencia de agua oxigenada para ejercer su actividad metabólica. Aunque la oxidación del etanol se produce fundamentalmente en el hígado existe la posibilidad de un metabolismo cerebral del etanol. Esta posibilidad se basa en la existencia a nivel de SNC<sup>17</sup> de sistemas enzimáticos capaces de metabolizar el etanol.

#### **2.3.1.2.4 Oxidación del acetaldehído**

Gran parte del acetaldehído que se forma a partir de alcohol se oxida en el hígado en una reacción catalizada por una deshidrogenasa de aldehído mitocondrial (ALDH<sup>18</sup>) dependiente de NAD. El producto de esa reacción es el acetato que se puede degradar hasta CO<sub>2</sub> y agua, o usarse para formar acetil-CoA. La oxidación del acetaldehído es inhibida por el disulfiram, un fármaco utilizado como tratamiento para disuadir de la bebida a los pacientes dependientes del alcohol.

*(Katzung et al, 2010)*

---

<sup>17</sup> Sistema Nervioso Central.

<sup>18</sup> Aldehído Deshidrogenasa.

### **2.3.1.3 Excreción**

#### **2.3.1.3.1 Eliminación pulmonar**

Esta vía de excreción es un proceso inverso al de la absorción, desde el punto de vista analítico y judicial es de gran importancia, pues los métodos de análisis incruentos<sup>19</sup> se basan en este principio: determinación del alcohol presente 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 arterial. *(Calabuig et al, 2004)*

#### **2.3.1.3.2 Eliminación urinaria**

El alcohol difunde a través del glomérulo<sup>20</sup> y no sufre proceso de reabsorción tubular. La concentración de alcohol en la orina dependerá de la alcoholemia, pero ésta cambia continuamente y la de la orina no lo hace; la correlación alcoholemia/alcoholuria no es de 1, sino inferior. *(Calabuig et al, 2004)*

La concentración de alcohol en la vejiga de la orina reflejará la existente en la sangre durante un período medio de tiempo, pero teniendo en cuenta que su riqueza en agua es mayor y no se degrada, el cociente alcoholuria/alcoholemia puede variar. *(Calabuig et al, 2004)*

---

<sup>19</sup> Los Análisis Incruentos tienen por objeto eliminar las objeciones que se han planteado a la extracción de la muestra de sangre y la imposibilidad de obtenerla si no se cuenta con el consentimiento del sujeto. Consisten en la determinación del grado de impregnación alcohólica por diferentes procedimientos -orina, saliva, aire espirado-.

<sup>20</sup> En el glomérulo se lleva a cabo el proceso de filtración, por medio del cual de la sangre se extraen líquido y sustancias disueltas en el mismo, excepto proteínas.

## 2.3.2 Farmacodinamia del consumo agudo de alcohol

### 2.3.2.1 Sistema Nervioso Central

El SNC se afecta notoriamente por el consumo agudo de alcohol que causa sedación y elimina la ansiedad, y a concentraciones más altas produce dificultad de pronunciación, ataxia, alteraciones del juicio y una conducta desinhibida, circunstancia que suele denominarse intoxicación o embriaguez. Esos efectos en el SNC son más notorios conforme aumenta la concentración de etanol en sangre, por la tolerancia aguda de sus efectos que ocurre después de unas cuantas horas de estar bebiendo. En los bebedores crónicos que son tolerantes de los efectos del alcohol se requieren concentraciones más altas para desencadenar esos efectos en el SNC. Por ejemplo, un individuo con alcoholismo crónico puede parecer sobrio o apenas ligeramente intoxicado con una concentración de alcohol en sangre de 300-400 mg/100 mL, en tanto esa concentración se vincula con intoxicación notoria o incluso el coma en uno intolerante. (*Katzung et al, 2010*)

La propensión a inhibir la capacidad de atención y de procesamiento de la información así como las motoras requeridas para la conducción de vehículos motrices con las dosis moderadas de alcohol tiene efectos notorios. Al igual que otros fármacos sedantes e hipnóticos, el alcohol es un depresor del SNC. A concentraciones sanguíneas altas induce coma, depresión respiratoria y muerte.

(*Katzung et al, 2010*)

El etanol afecta a un gran número de proteínas de membranas que participan en las vías de señalización e incluyen receptores de neurotransmisores para aminas, aminoácidos, opioides y neuropéptidos; enzimas como las Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> ATPasas, la adenilato ciclasa, la fosfolipasa C específica de fosfoinosítidos, un transportador de nucleósidos y los conductos iónicos.

La exposición aguda al etanol aumenta la actividad de GABA<sup>21</sup> en los receptores GABA<sub>A</sub>, lo que es compatible con la capacidad de los GABA miméticos de intensificar muchos de los efectos agudos del alcohol, y de los antagonistas de GABA<sub>A</sub> de atenuar algunas de las acciones del etanol. (*Katzung et al, 2010*)

El etanol inhibe la capacidad del glutamato de abrir el conducto de cationes vinculado con el subtipo de receptores de glutamato, N-metil-D-aspartato (NMDA). El receptor de NMDA está involucrado en muchos aspectos de la función cognitiva, incluidos el aprendizaje y la memoria. (*Katzung et al, 2010*)

### **2.3.2.2 Corazón**

Causa depresión significativa de la contractilidad miocárdica en individuos que consumen cantidades moderadas de alcohol en forma aguda.

### **2.3.2.3 Músculo liso**

El etanol es un vasodilatador, tal vez como resultado de sus efectos en el SNC (depresión del centro vasomotor) y directos de relajación del músculo liso por su metabolito, el acetaldehído. (*Katzung et al, 2010*)

---

<sup>21</sup> ácido gamma-aminobutírico

### **2.3.3 Consecuencias del consumo crónico de alcohol**

El consumo crónico de alcohol afecta profundamente la función de varios órganos vitales, en particular el hígado, así como el sistema nervioso, tubo digestivo, aparato cardiovascular y a los mecanismos inmunitarios. El etanol requiere concentraciones miles de veces mayores para producir efectos de intoxicación. Los mecanismos específicos involucrados en el daño hístico incluyen aumento de la tensión oxidativa aunada a agotamiento de glutatión, daño de mitocondrias, trastornos en la regulación de factores de crecimiento y potenciación de las lesiones inducidas por citocinas. (*Katzung et al, 2010*)

Las muertes relacionadas con el consumo de alcohol son producto de hepatopatía, cáncer, accidentes y suicidio.

#### **2.3.3.2 Sistema Nervioso**

##### **2.3.3.2.1 Tolerancia y dependencia**

El consumo de alcohol durante un periodo prolongado causa tolerancia, dependencia física y psicológica. Los síntomas de abstinencia de alcohol por lo general constan de hiperexcitabilidad en casos leves, y convulsiones, psicosis tóxica y delirium tremens en casos graves. La dosis, frecuencia y duración del consumo de alcohol determinan la intensidad del síndrome de abstinencia. La dependencia psicológica del alcohol se caracteriza por un deseo compulsivo de experimentar los efectos gratificantes de la sustancia y un deseo de evitar las consecuencias negativas de la abstinencia. (*Katzung et al, 2010*)

##### **2.3.3.2.2 Neurotoxicidad**

El consumo de grandes cantidades de alcohol durante periodos prolongados (por lo general años) a menudo causa déficit neurológico. (*Katzung et al, 2010*)

### **2.3.3.3 Sangre**

El alcohol afecta indirectamente la hematopoyesis<sup>22</sup> por sus efectos metabólicos y nutricionales, y también puede inhibir de manera directa la proliferación de todas las líneas celulares de la médula ósea. (*Katzung et al, 2010*)

### **2.3.3.4 Sistema endocrino y equilibrio electrolítico**

El uso crónico de alcohol tiene importantes efectos sobre el sistema endocrino y el equilibrio de líquidos y electrolitos. Las alteraciones del potasio corporal total inducidas por el vómito y la diarrea así como el aldosteronismo secundario intenso, pueden contribuir a la debilidad muscular y empeorar por el tratamiento con diuréticos. (*Katzung et al, 2010*)

## **2.4 Características de las muestras biológicas**

### **2.4.1 Orina**

La orina se forma en las nefronas renales, compuestas de los glomérulos y de los tubos uriníferos. Los glomérulos (normalmente más de un millón por riñón) reciben sangre de las arteriolas aferentes y un ultrafiltrado del plasma pasa a través de cada glomérulo y llega al espacio de Bowman. Desde aquí el filtrado pasa a través de los túbulos y los conductos colectores, donde pueden tener lugar la reabsorción o secreción de varias sustancias y la concentración de la orina. En un adulto normal se producen de 125 a 150 mL de filtrado glomerular por minuto. (*Díaz et al, 1997*)

Al final, los aproximadamente 180 L de líquido filtrado por los glomérulos en 24 horas se reducen a 1 L o 2 L, dependiendo del estado de hidratación. La orina formada en los riñones pasa a través de los conductos colectores a la pelvis renal y de aquí a los uréteres, la vejiga y la uretra para ser posteriormente evacuada.

---

<sup>22</sup> Es la producción de las células sanguíneas en las que se incluyen eritrocitos, leucocitos y plaquetas, en la médula ósea.

El color de la orina varía normalmente desde amarillo hasta ámbar claro; esta puede cambiar de color por influencia de diversos factores: pH, densidad, ingesta de alimentos y ciertas enfermedades como: ictericias, diabetes, oliguria y hematuria. La orina normalmente tiene un olor leve y aromático de origen indeterminado. Los especímenes con crecimiento bacteriano se pueden reconocer por un fétido olor a amoníaco. El adulto medio con una dieta normal excreta aproximadamente entre 50 mEq y 100 mEq de iones en 24 horas para producir una orina de un pH aproximado de 6. En individuos sanos, el pH de la orina puede variar entre 4, 6 y 8, aunque el pH urinario depende en gran medida de la situación metabólica.

Entre los constituyentes orgánicos de la orina ocupan un primer plano los compuestos nitrogenados. La urea es la forma de excreción de los átomos de nitrógeno de los aminoácidos. El ácido úrico es el producto final del metabolismo de las purinas. En la orina se encuentran sobre todo los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , y  $\text{NH}_4^+$  y los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y  $\text{HPO}_4^{2-}$ , además de vestigios de otros iones. Considerados en conjunto el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Cl}^-$  representan aproximadamente 2/3 de todos los electrólitos en la orina final. (*Koolman et al, 2004*)

#### **2.4.2 Sangre**

La sangre es un fluido de color rojo y aspecto viscoso que es bombeado por el corazón, recorriendo todo el organismo a través del sistema vascular para llegar a todos los tejidos y volver de nuevo al corazón. Este fluido corporal es fácilmente coagulable si cesa su constante movimiento, lo cual puede crear problemas serios, ya que produciría obstrucciones en los vasos más pequeños.

La sangre consta de un líquido de color amarillo denominado plasma y diferentes elementos formes, que se encuentran en suspensión. El plasma forma el 50-55% de la sangre total y a su vez el agua forma el 90% del plasma, el 10% restante lo forman diferentes sustancias disueltas como proteínas, enzimas, electrolitos o sustancias de desecho. Si eliminamos el fibrinógeno del plasma sanguíneo lo denominamos suero. El 45-50% restante de la sangre lo configuran las células que enumeramos a continuación:

- Glóbulos rojos o eritrocitos.
- Glóbulos blancos o leucocitos (neutrófilos linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos).
- Plaquetas.

Estas células tienen su origen en una célula única denominada célula madre que se localiza en los órganos hematopoyéticos y que puede madurar hacia cualquiera de estos tres tipos de células. Una vez que completan la maduración pasarán a la circulación general de donde serán eliminadas pasado un tiempo por el sistema mononuclear fagocítico (SMF) manteniendo la renovación constante de la sangre.

El volumen oscila entre 4.5 – 5.5 L en las mujeres y 5 – 6 L en el hombre. Cuando el volumen sanguíneo se encuentra dentro de los valores normales se denomina normovolemia; si es superior hipervolemia e hipovolemia si es inferior. En los tres casos anteriores las variaciones pueden ser referentes a los cuerpos formes denominándose hipersitemia a su aumento y oligositemia a su disminución. La densidad sanguínea varía con el número de cuerpos formes y composición del plasma. Su valor es de 1.005 g/ml.

## **2.5 Interpretación de la concentración de etanol en sangre y orina**

Para fines médico-legales la concentración del etanol en sangre y orina, se utiliza para definir el estado clínico de las personas, para ello existen diversas tablas con características especiales de población de Estados Unidos, España, Inglaterra entre otros países que nos apoyan a determinar el estado de la persona en una intoxicación alcohólica (apéndice 1).

Cuando no se cuenta con la concentración de etanol en sangre sino de orina, se realizan cálculos aritméticos para obtener un valor que pueda ser utilizado en las tablas.

### **2.5.1 Examen de alcoholuria**

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

*(Hoyos, n.d.)*

### **2.5.2 Cálculo del alcohol ingerido**

El mejor criterio para establecer el grado de ebriedad es la determinación de la concentración alcohólica en la sangre, hoy en día por los conocimientos que se tienen sobre la difusión del etanol en el organismo, se puede determinar la cantidad de bebida alcohólica que corresponde a la cantidad de alcohol en el organismo en cualquier momento de la curva de alcoholemia. *(Hoyos, n.d.)*

Para esta determinación se aplica la siguiente fórmula:

$$C.A.I. = C.s. \times p \times fr$$

Dónde:

C.A.I.: Concentración de Alcohol Ingerido

C.s.: Concentración sanguínea en (g/L)

p: peso de la persona

fr: factor de reducción (es la relación entre la dosis administrada dividida entre la concentración sanguínea en su más alto valor alcanzado, el valor promedio para los hombres es de 0.68 L/Kg y en mujeres 0.60 L/Kg).

## **2.6 Cromatografía de gases**

### **2.6.1 Antecedentes**

Hasta mediados del siglo XX, las separaciones analíticas se llevaban a cabo en su mayor parte por métodos clásicos como precipitación, destilación y extracción. Ahora las separaciones analíticas son realizadas, a través de la cromatografía y electroforesis, especialmente en el caso de las mezclas complejas y multicomponentes. (Skoog, 2001)

La cromatografía ha sido usada para analizar gases, sólidos y líquidos, posteriormente para disolventes volátiles. Tanto materiales orgánicos e inorgánicos pueden ser analizados, y sus pesos moleculares van de 2 hasta los 1,000 Daltons. La cromatografía es un poderoso método de separación que tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia. (McNair et al, 1998)

Del griego *chroma* que significa *color* y *graphein* que significa *escribir*, la cromatografía es un método físico de separación, basado en la distribución de la muestra entre dos fases (una de ellas fija y la otra móvil), es decir es la separación de una mezcla de compuestos (solutos) en componentes individuales para facilitar la identificación (determinación cualitativa) y la medición (determinación cuantitativa) de cada componente. (Harris, 2001)

Los componentes son distribuidos entre dos fases, la muestra se desplaza con una fase móvil (gas, líquido o un fluido supercrítico) en una dirección definida, esta fase pasa a través de una fase estacionaria que es comúnmente un líquido que recubre la superficie de partículas sólidas o sólido con la cual es inmisible y que se fija a una columna o a una superficie sólida. Las dos fases se eligen de tal forma, que los componentes de la muestra se distribuyan de modo distinto entre ellas. Aquellos componentes que son fuertemente retenidos por la fase estacionaria se mueven lentamente con el flujo de la fase móvil; por el contrario, los componentes que se unen débilmente a la fase estacionaria, se mueven con rapidez. Como consecuencia de la distinta movilidad, los componentes de la muestra se separan en bandas o zonas discretas que pueden analizarse cualitativa y/o cuantitativamente. (Skoog, 2001)

## 2.6.2 Tipos de Cromatografía de Gases

Existen dos tipos de cromatografía de gases: la cromatografía de gas-sólido (GSC) y la cromatografía de gas-líquido (GLC) (ver tabla 2).

**Tabla 2. Tipos de cromatografía**

<i>Fase Estacionaria</i>	Sólido		Líquido	
<i>Fase Móvil</i>	Líquido	Gas	Líquido	Gas
<i>Ejemplos</i>	Cromatografía original de Tswett, con soluciones de éter de petróleo y columnas de CaCo <sub>3</sub> .	Cromatografía gas-sólido o CGS.	Cromatografía de partición en columnas de sílica gel.	Cromatografía gas-líquido o CGL.
	Cromatografía de intercambio iónico.		Cromatografía en papel.	

(R.A. Day et al, 1989)

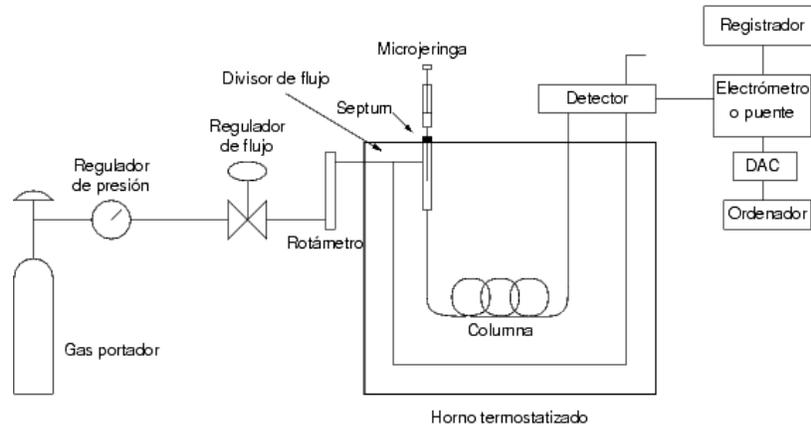
En la cromatografía de gas-sólido (GSC) se produce la retención de los analitos en una fase estacionaria sólida (grafito o gel de sílice o aluminio) como consecuencia de la adsorción física, teniendo como fase móvil a un gas. Este tipo de CG es muy efectiva para análisis de mezclas de gases o compuestos con bajos puntos de ebullición. La cromatografía de gas-líquido (GLC) se basa en la distribución del analito entre una fase móvil gaseosa y una fase líquida inmovilizada sobre la superficie de un sólido inerte. (R.A. Day et al, 1989)

### 2.6.3 Módulos del Cromatógrafo de Gases (CG)

Un equipo de CG está compuesto de tres módulos: inyector, columna y detector (ver figura 3).

El primer paso del proceso de la cromatografía de gases es suministrar uno o varios gases de alta pureza en el cromatógrafo de gases. El gas portador o acarreador (fase móvil) fluye hacia el interior del inyector, pasa por la columna y llega al detector (ver figura 3). A continuación, se introduce una muestra en el inyector, la cual se calienta normalmente hasta 150 - 250 °C, lo que tiene como resultado la vaporización de los solutos volátiles de la muestra. Estos solutos vaporizados se introducen posteriormente en la columna mediante el gas portador y la columna se mantiene en un horno con control de temperatura. Los solutos pasan por la columna a velocidades variables, lo cual está determinado principalmente por sus propiedades físicas y por la temperatura y composición de la columna (presentada como un tubo de sección delgada, enrollado sobre sí mismo en espiral, de uno o más de cien metros de longitud según los casos, y que contienen fase estacionaria). El soluto más rápido sale (se eluye) de la columna en primer lugar, seguido de los solutos restantes en el orden correspondiente. A medida que se eluye cada soluto, se introduce en el detector calentado, donde se genera una señal electrónica basada en la interacción del soluto con el detector.

El tamaño de la señal se registra en un sistema de datos y se representa gráficamente según el tiempo transcurrido. La fase móvil no interacciona con el analito, su única función es transportarlo a través de la columna. (*Francis, 2004*)



**Figura 3. Diagrama de un cromatógrafo de gases**

### 2.6.3.1 Gas portador

La fase móvil puede utilizar alguno de los gases como: helio, nitrógeno e hidrógeno. El gas portador debe estar exento de trazas de hidrocarburos, vapor de agua, oxígeno, ya que se comportan como impurezas perjudiciales para las fases estacionarias y pueden reducir la sensibilidad de algunos detectores.

*(Francis, 2004)*

La viscosidad y la velocidad del gas en la columna tienen una influencia sobre la dispersión de los compuestos en la fase estacionaria y sobre la difusión en la fase móvil, es decir, sobre el parámetro de eficacia  $N$  y sobre la sensibilidad de la detección. *(Francis, 2004)*

La presión a la cabeza de la columna está estabilizada con un sistema mecánico o controlado electrónicamente para que el caudal sea constante.

*(Francis, 2004)*

El gas portador Nitrógeno producirá más platos teóricos para una determinada longitud de columna, pero el análisis será mucho más lento; tiene casi el doble de sensibilidad que el helio. *(Arenas, 1985)*

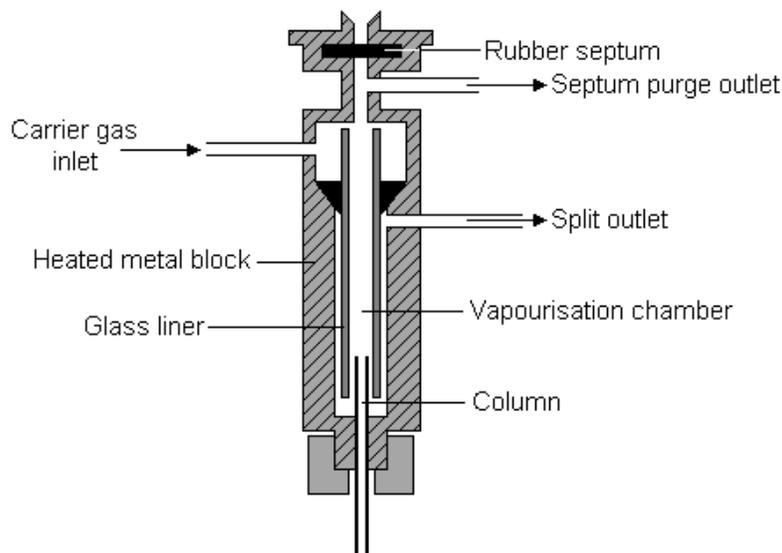
### 2.6.3.2 Introducción de la muestra e inyección

El sistema más crítico de la cromatografía de gases es el sistema de inyección de la muestra. La muestra debe introducirse como vapor en el volumen más pequeño posible y en un mínimo de tiempo, sin descomponerla o fraccionarla, y asegurándose de no perturbar las condiciones de equilibrio de la columna.

*(Arenas, 1985)*

El inyector es la puerta de entrada de la muestra en el cromatógrafo. Tiene otras dos funciones: vaporizar y arrastrar a la cabeza de la columna la muestra mezclada con el gas portador. La cantidad de las separaciones depende de esta fase del análisis. *(Francis, 2004)*

Para las columnas capilares, volúmenes menores de una jeringa (0.1µl) pueden saturar la columna, por lo que se utilizan inyectores que funcionen de dos modos, con (split) o sin división (splitless) (ver figura 4). Un caudal de gas portador llega a la cámara de vaporización, donde se mezcla con la muestra inyectada, una válvula de fuga divide este caudal en dos fracciones desiguales, la mayor es desechada de la cámara de inyección y con ella la mayor parte de la muestra introducida. La relación de división (split-ratio) puede variar en el intervalo 20-500. Solamente la fracción más pequeña penetra en la columna. Contiene una fracción de la muestra que es igual a la relación de división. *(Francis, 2004)*



**Figura 4. Diagrama del inyector con o sin división (split/splitless)**

#### 2.6.3.2.1 Headspace HS

En esta técnica se pueden determinar indirectamente compuestos volátiles en muestras líquidas o sólidas, mediante el análisis de la fase vapor que está en equilibrio termodinámico con la muestra en un sistema cerrado. Puesto que los componentes ya se encuentran en la fase vapor, la muestra no tiene que vaporizarse para el análisis cromatográfico y, en consecuencia, se producen mejores separaciones cromatográficas. La técnica puede dividirse en: espacio Headspace estático y Headspace dinámico. (*Freiría et al, 1998*)

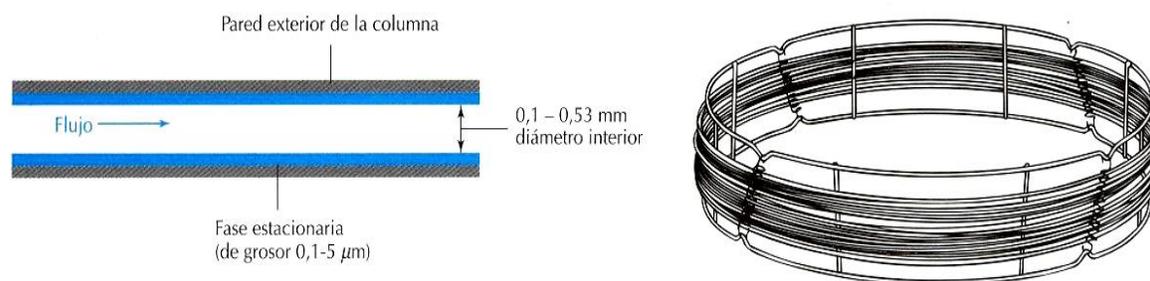
Desde el punto de vista experimental, la técnica de headspace es muy simple. La muestra se coloca en un vial de vidrio de tamaño apropiado y se cierra con un *septum*. El vial se mantiene a una temperatura determinada y cuando se establece el equilibrio se retira una porción de la fase gas, por procedimientos manuales con una jeringa o mediante un sistema automático de dosificación, en el que penetra una aguja hipodérmica, a través del *septum* en la fase gas del vial, que se mantiene a presión, siendo los componentes volátiles de la muestra conducidos hacia la entrada de la columna, hasta que se iguala la presión en esta zona con la existente en el interior del vial.

Resulta evidente que mediante análisis por headspace no podrán determinarse solutos con baja presión de vapor. El análisis del alcohol en sangre constituye una de las principales aplicaciones del análisis por Headspace.

*(Freiría et al, 1998)*

La precisión y sensibilidad de la cromatografía de gases con Headspace puede mejorarse mediante cuidadosa selección de las condiciones de operación. La proporción de los volúmenes de las fases gas y líquida, la temperatura de la muestra, el tiempo de equilibrio y el efecto de mezclado de la muestra son factores a tener en cuenta a la hora de optimizar las condiciones. *(Freiría et al, 1998)*

### 2.6.3.3 Columnas



**Figura 5. Columna cromatográfica capilar**

Existen dos tipos de columnas, las columnas empacadas ( o columnas rellenas) y las columnas capilares (o columnas abiertas) (ver figura 5), y ambas tienen diferente eficacia. En las columnas empacadas, la fase estacionaria está inmobilizada por la impregnación o por reacción química con el soporte poroso, mientras que en las columnas capilares una fina capa de fase estacionaria es depositada o unida mediante un enlace químico en la superficie interna de la columna.

*(Francis, 2004)*

Las columnas PLOT (tubular abierta de capa porosa) se usan para la separación de solutos muy volátiles (principalmente gases) sin necesidad de un enfriamiento criogénico o por debajo de la temperatura ambiente del horno. Los polisiloxanos constituyen las fases estacionarias más comunes.

El diámetro de la columna influye en cinco parámetros básicos: eficiencia, retención, presión, velocidad de flujo del gas portador y capacidad, mientras que la longitud de la columna influye en tres parámetros básicos: eficiencia, retención (tiempo de análisis) y presión del gas portador.

#### **2.6.3.4 Detectores**

El proceso de separación ocurre en la columna y por ello debemos considerar que este componente es el corazón del instrumento. Pero la separación tendría muy poco valor sin una forma para detectar y medir los solutos que se separan y van saliendo de la columna. Los detectores se clasifican en dos tipos: integral y diferencial. *(R.A. Day et al, 1989)*

- Un detector integral proporciona en cualquier instante una medición de la cantidad total del material eluido que ha pasado a través de él hasta ese momento.

- Los detectores diferenciales nos dan los cromatogramas familiares que consisten en picos en vez de etapas; debemos distinguir dos clases principales: primera los que miden la concentración de soluto por medio de alguna propiedad física de la corriente de gas que sale; segunda, aquellos que responden en forma directa al soluto y, por ello miden su velocidad de flujo de masa. (R.A. Day et al, 1989)

Por lo tanto el detector cromatográfico es un dispositivo que mide la concentración de cada uno de los componentes de la muestra y genera una señal eléctrica proporcional a dicha concentración, la señal eléctrica es amplificada y registrada al momento de salir de la columna de separación. (Skoog, 2001)

#### **2.6.3.4.1 Detector de Ionización de Llama (FID)**

Considerado universal para compuestos orgánicos pero siendo realmente específico, es el detector por excelencia y uno de los más aplicables de la CG. En la llama de un pequeño quemador, la corriente gaseosa o efluente de la columna se mezcla con hidrógeno y con aire para luego encenderse eléctricamente. Este responde al número de átomos de carbono que entra en el detector por unidad de tiempo, por ello, es más un detector sensible a la masa. (Skoog, 2001)

El detector de ionización de llama posee una elevada sensibilidad ( $\sim 10^{-13}$ g/s)<sup>23</sup>, un gran intervalo de respuesta lineal ( $\sim 10^7$ ), y un bajo ruido. Para compuestos orgánicos, la sensibilidad es muy elevada y se expresa en C/g<sup>24</sup> de carbono elemental. El límite de detección es de 2-3 pg/s<sup>25</sup>. Una desventaja del detector de ionización de llama es que se trata de un detector destructivo de la muestra. (Skoog, 2001)

---

<sup>23</sup> Gramos sobre Segundos.

<sup>24</sup> Carbono sobre Gramos.

<sup>25</sup> Picogramos sobre Segundos.

## **2.6.4 Interpretación del Cromatograma**

El tamaño de los picos corresponde con la cantidad de compuesto de la muestra. Si aumenta la concentración del compuesto, se obtiene un pico de mayor tamaño. El tiempo de retención es el tiempo que tarda el compuesto en atravesar la columna. Si las condiciones de la columna y todas las condiciones de funcionamiento son constantes, un compuesto determinado siempre tendrá el mismo tiempo de retención.

El tamaño de los picos y el tiempo de retención se usan para establecer la determinación cuantitativa y cualitativa de un compuesto respectivamente, para ello es necesario analizar una cantidad conocida de una muestra auténtica pura del compuesto para determinar el tiempo de retención y el tamaño de los picos.

A continuación, este valor se puede comparar con los resultados de una muestra desconocida para determinar si está presente el compuesto de interés (mediante la comparación de los tiempos de retención) y en qué cantidad (mediante la comparación del tamaño de los picos).

### **2.6.4.1 Análisis Cuantitativo**

La CG es un método de separación de mezclas de compuestos y el cromatograma resultante contiene datos que permiten realizar una determinación cuantitativa, ya que se basa en la comparación de la altura o área del pico del analito con uno o más patrones. Si se controlan adecuadamente las condiciones, cualquiera de estos parámetros varía linealmente con la concentración. En el cromatograma, el área bajo el pico es proporcional a la cantidad del soluto contenida en la zona eluida. Un análisis cuantitativo comporta la medida de esta área y el establecimiento de la proporcionalidad. Se puede estimar a través de cinco métodos generales para realizar los cálculos cuantitativos, dependiendo de las características del análisis, de la precisión, exactitud que se requiera es el método a utilizar.

Los métodos generales son: Normalización de Área, Factores de Respuesta, Calibración Absoluta o Estándar Externo, Estándar Interno o Calibración Relativa y Adiciones Patrón.

Para desarrollar cualquier metodología, se efectúan ensayos con muestras conocidas que contengan diferentes cantidades de analito. Las muestras que contienen cantidades conocidas de las especies que se van a determinar, se llaman estándares. *(Rubinson, 2000)*

Si los resultados analíticos de los estándares concuerdan con el contenido conocido, se confirma la exactitud de la metodología. Este procedimiento se llama método de calibración. *(Rubinson, 2000)*

También es esencial emplear otro tipo de muestra para calibrar cualquier método: un blanco. El blanco contiene todos los componentes de la muestra con excepción de la especie que se está detectando. Dicho blanco se somete a todos los pasos del procedimiento, como cualquier muestra normal. *(Rubinson, 2000)*

Calibrar significa comprobar la relación entre el contenido de la muestra y la respuesta del método de ensayo. Los estándares químicos son estándares de contenido químico es decir, sustancias puras, mezclas, soluciones, gases, o materiales como aleaciones, o sustancias biológicas que se emplean para calibrar y validar toda la metodología de un análisis químico o parte de ella.

*(Rubinson, 2000)*

Se emplean estándares externos para calibrar el método de ensayo cuando los componentes de la matriz (incluyendo cualquier tipo de reactivos necesarios para la preparación) no provocan interferencias. También se emplean estándares externos cuando el analista tiene suficiente control de las condiciones y puede mantener constantes las contribuciones de las interferencias a la medición; en este caso es posible efectuar una corrección para tener en cuenta el error determinado de las interferencias. *(Rubinson, 2000)*

Para hacer estándares externos se inyectan disoluciones de diferente concentración del analito o compuesto puro a determinar. Se grafican los valores de área del pico cromatográfico en función de la concentración de la disolución inyectada. Se obtiene una curva que debe ser lineal y pasar por el origen y a partir de aquí se calcula la cantidad de muestra presente en el material desconocido.

*(Rubinson, 2000)*

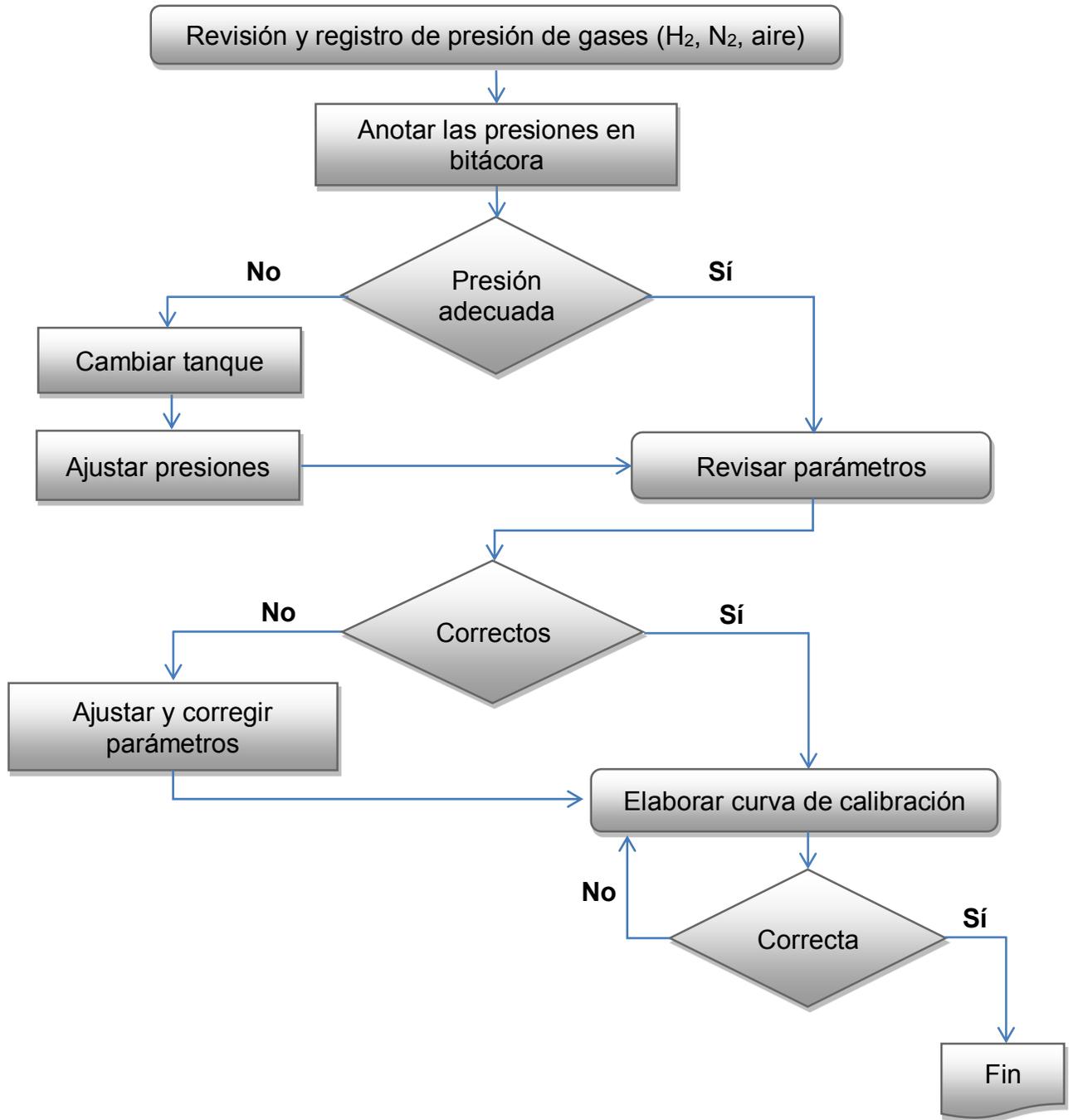
### 3.1 Metodología

#### 3.1.1 Recepción de muestras biológicas (orina, sangre, hígado, músculo y placenta)



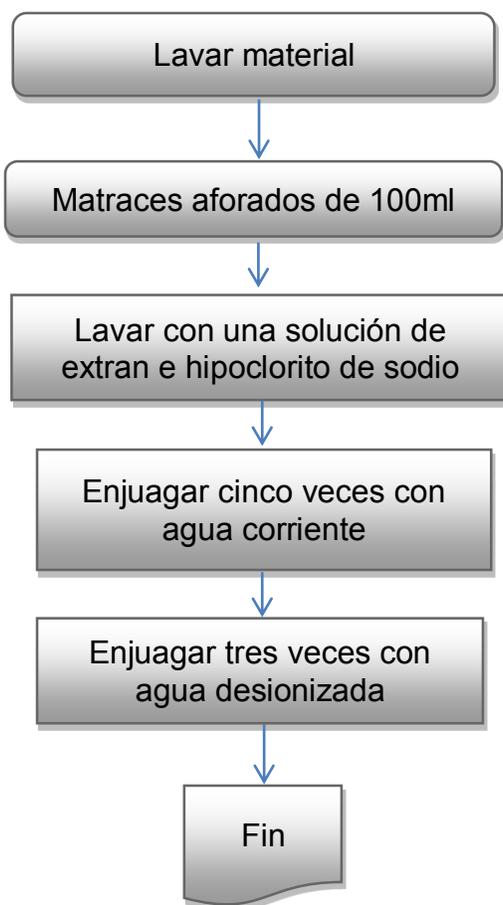
- Las muestras son tomadas por los peritos químicos asignados a campo en las Agencias localizadas en las diferentes Fiscalías, Hospitales, Centros Penitenciarios, Centros de Readaptación Social, Tutelar para Menores, Servicio Médico Forense (SEMEFO) etc.

### 3.1.2. Preparación del Cromatógrafo de Gases

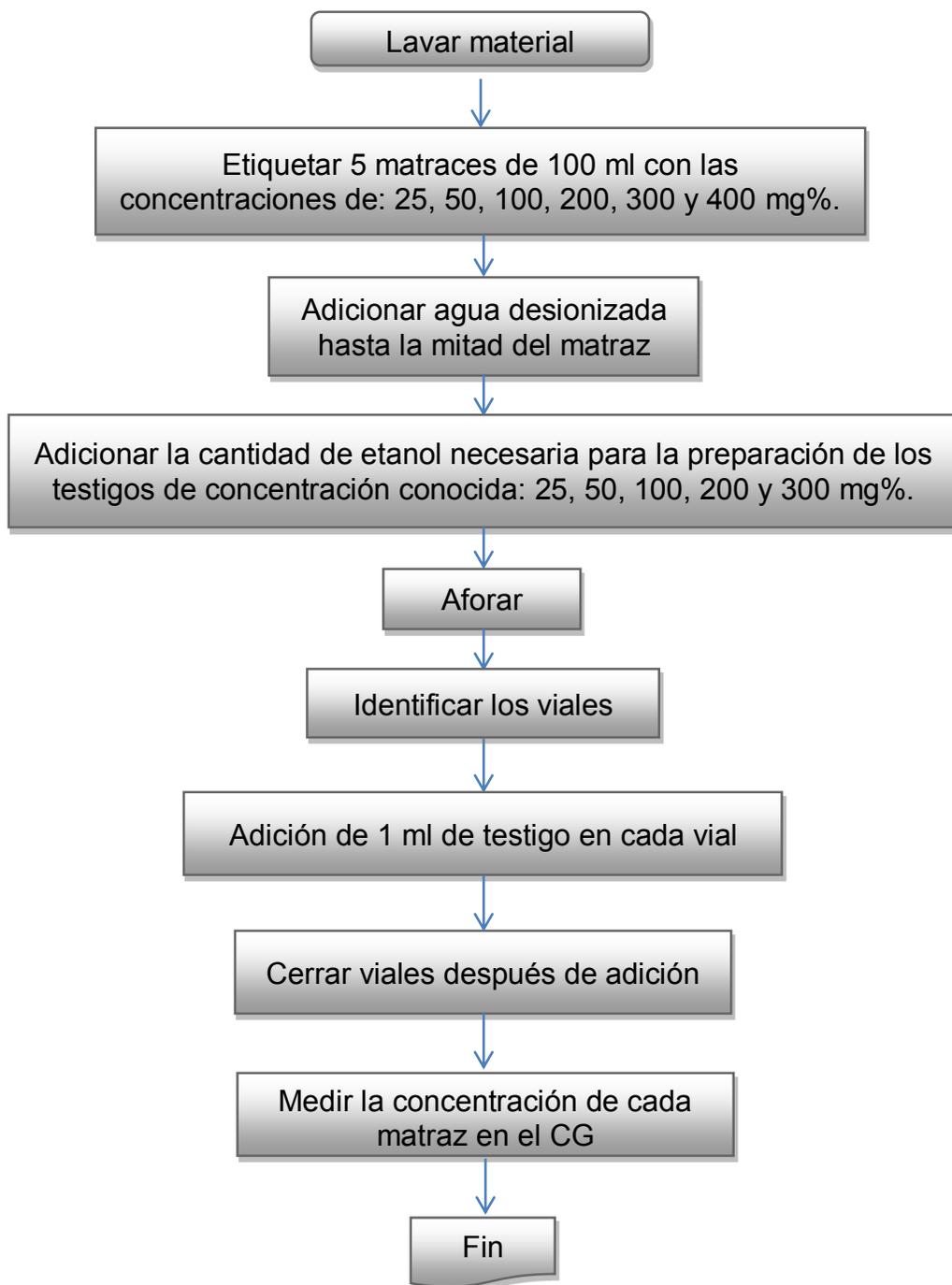


- Para la revisión de los datos del método se hace lo siguiente:
  - a. Dar clic en el ícono denominado *Instrument #2 Enhanced* para abrir la ventana principal del programa.
  - b. Dar clic en el ícono denominado *Instrument* y después seleccionar *Edit CG Parameters*.
  - c. Checar el Inyector, Valves, Injects, Columns, Oven, Detectors, Signals, Aux, Runtime y Options.
- Para la revisión de la curva de calibración se hace lo siguiente:
  - a. Dar clic en el ícono denominado *Enhanced Data Analysis* para abrir la ventana principal del programa.
  - b. En la barra de menú dar clic en *Calibrate* y cuando aparezca el submenú ponerle *Edit Compounds*.
  - c. Al aparecer la ventana dar clic en *View*, y cambiar el tiempo de retención.
  - d. Dar clic en *Page 3*, establecer los datos de los testigos (25, 50, 100, 200, 300 y 400) y área obtenida.
  - e. Dar *Ok* y guardar cambios realizado.

### 3.1.3 Limpieza del material



### 3.1.4 Preparación de la curva de calibración



- Para la preparación de los testigos se agrega etanol absoluto con una micropipeta, conforme a los siguientes cálculos:

$$\text{a. } V = \frac{m}{\delta} = \frac{25\text{mg}}{0,789\text{mg}/\mu\text{l}} = 31.69\mu\text{l} \approx 32\mu\text{l}$$

$$\text{b. } V = \frac{m}{\delta} = \frac{50\text{mg}}{0,789\text{mg}/\mu\text{l}} = 63.37\mu\text{l} \approx 64\mu\text{l}$$

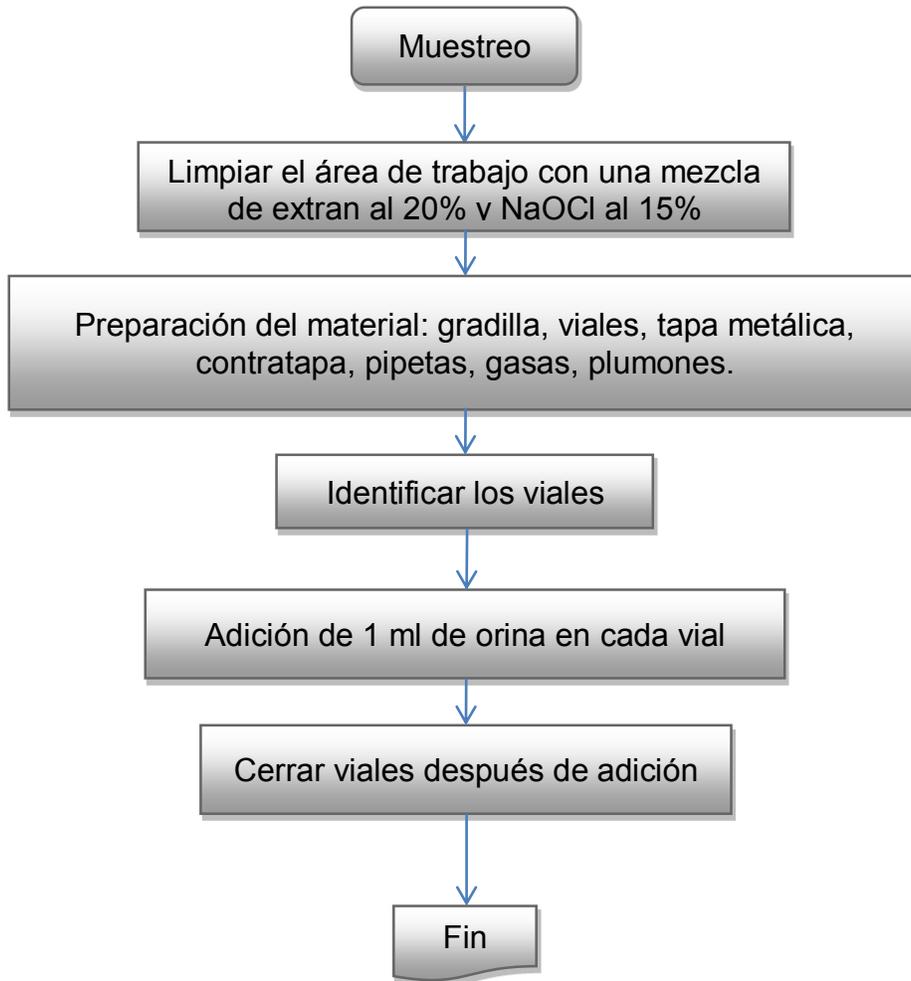
$$\text{c. } V = \frac{m}{\delta} = \frac{100\text{mg}}{0,789\text{mg}/\mu\text{l}} = 126.74\mu\text{l} \approx 126\mu\text{l}$$

$$\text{d. } V = \frac{m}{\delta} = \frac{100\text{mg}}{0,789\text{mg}/\mu\text{l}} = 126\mu\text{l} \times 2 = 252\mu\text{l}$$

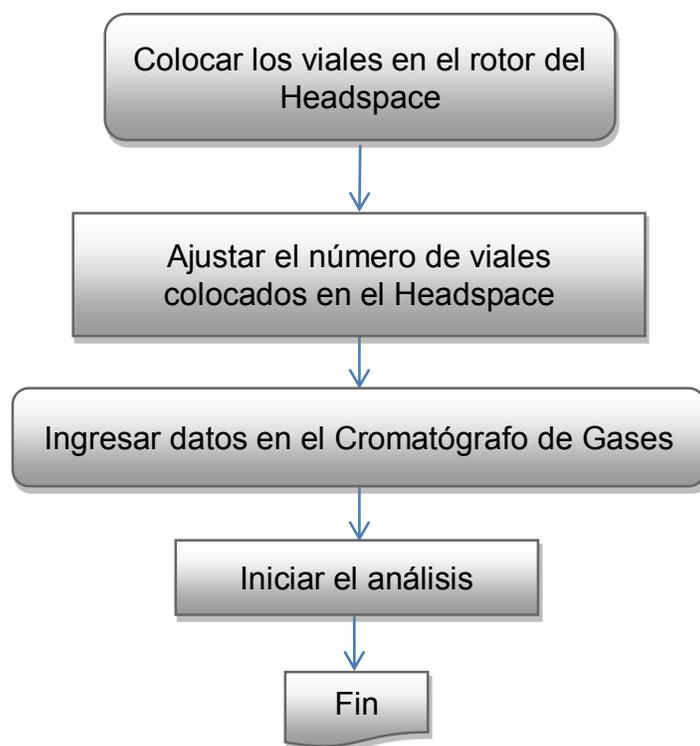
$$\text{e. } V = \frac{m}{\delta} = \frac{100\text{mg}}{0,789\text{mg}/\mu\text{l}} = 126\mu\text{l} \times 3 = 378\mu\text{l}$$

$$\text{f. } V = \frac{m}{\delta} = \frac{100\text{mg}}{0,789\text{mg}/\mu\text{l}} = 126\mu\text{l} \times 4 = 504\mu\text{l}$$

### 3.1.5 Preparación de las muestras

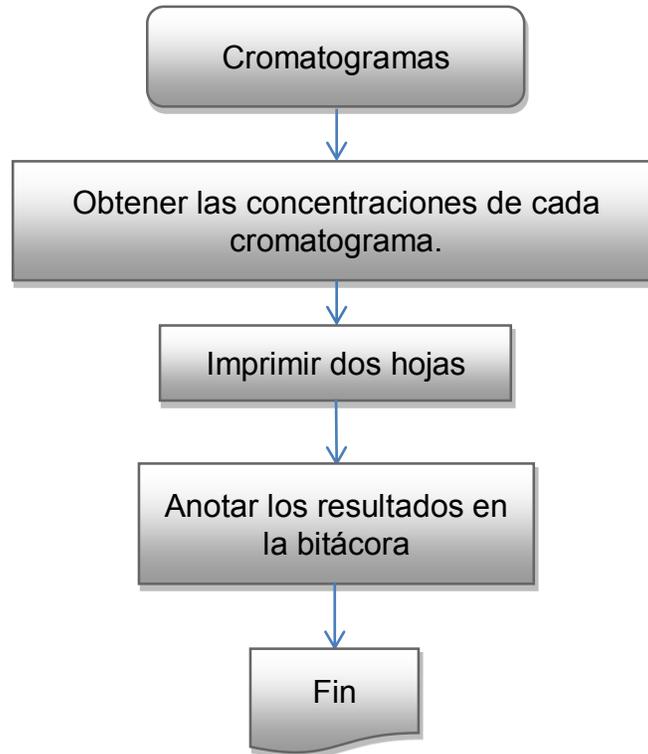


### 3.1.6 Ingreso de muestras y datos al cromatógrafo



- Se realiza lo siguiente al momento de ajustar en el Headspace el número de viales colocados:
  - a. Apretar el botón *active method*.
  - b. Dar enter en *vial parameters*.
  - c. Con las flechas de arriba o abajo establecer el número de muestras a correr en *last vial*.
  - d. Dar enter.
- Al momento de ingresar los datos en el Cromatógrafo de Gases se realiza lo siguiente:
  - a. Dar clic en el ícono denominado *Instrument #2 Enhanced* para abrir la ventana principal del programa.
  - b. En la barra de menú darle clic a *Sequence* y cuando abra el submenú a *Edit Sequence*, aparece una tabla de datos en la cual se llenará de la siguiente forma:
    - b.1 Número de muestra.
    - b.2 Averiguación previa y nombre.
  - c. Al terminar darle clic a *Browse*, buscar en el submenú *Select Data Path* el turno correspondiente y crear una nueva carpeta en *Make New Folder*, la cual se nombra por día, fecha y mes y dar *Ok*.
  - d. En la barra de menús darle clic a *Sequence*, después a *Run Sequence*, al abrir la ventana *Start Sequence SDF-30-10-11-5*, se establece la fecha del análisis en *Sequence Comment* y el turno correspondiente en *Operator Name*.
  - e. Al terminar de ingresar los datos, elegir la opción *Star/Stop* (en la computadora) y *Run Sequence* (en el Headspace).

### 3.1.7 Obtención de resultados



- Para obtener la concentración del cromatograma:
  - a. Dar clic en *Quantitate* en la barra de menús.
  - b. Después clic en *Calculate*.
- Para Imprimir el cromatograma:
  - a. Dar clic al menú *Quantitate*.
  - b. Dar clic a *Customs Reports*.
  - c. Seleccionar *Edit Method Report Template* y dar ok.
  - d. Al aparecer la nueva ventana dar clic en el ícono abrir y buscar en *My Recept Document* el archivo de la plantilla correspondiente para proceder a imprimir.

## 3.2 Condiciones del equipo

### 3.2.1 Datos de columna

Model No: Agilent 19091J-413 325°C Max

HP-5 5% Phenyl Methyl Siloxane

Capillary 30.0m (longitud) x 320µm (diámetro) x 0.25µm  
(grosor de la película) Nominal

### 3.2.2 Cromatógrafo de Gases

Agilent Technologies 6890N Network GC System

<b>FRONT DET (FID)</b>	<b>Setpoint</b>
Temp	250 <
H <sub>2</sub> Flow	40
Air Flow	400

<b>FRONT INLET (S/SL)</b>	<b>Setpoint</b>
Pressure	9.3 <
Split Ratio	7
Split Flow	9.4

<b>FRONT INLET (S/SL)</b>	<b>Setpoint</b>
Mode	Split
Temp	200<
Pressure	9.3

<b>OVEN</b>	<b>Setpoint</b>
Temp	150 <
Init Time	3
Rate 1 (off)	0

<b>COLUMN 1 (N<sub>2</sub>)</b>	<b>Setpoint</b>
Dim	320u
Pressure	9.3 <
Flow	1.3

### 3.2.3 Headspace

Agilent Technologies G1888 Network Headspace Sampler

	Set
<b>GC Cycle Time (min)</b>	4.5
<b>Vial Eq. Time (min)</b>	10.0
<b>Pressuriz. Time (min)</b>	1.00↓
	Set ↑
<b>Loop Fill Time (min)</b>	0.20
<b>Loop Eq. Time (min)</b>	0.05
<b>Inject Time (min)</b>	1.00

	Act	Set
<b>Oven (°C)</b>	110	110
<b>Loop (°C)</b>	100	100
<b>Tr. Line (°C)</b>	110	110

### 3.3 Material

De metal	De vidrio	De material sintético	De madera y otros
Gradilla	Viales	Micropipeta de 20-200 $\mu$ L	Aplicadores de madera
Contratapas Metálicas para Viales	Matraz Aforado de 100 ml (5)	Puntas de Micropipetas	Gasas
Llave Selladora para Viales		Piseta	Plumones
Pinzas Metálicas		Pipetas graduadas desechables (1 mL)	
Tijeras de Disección		Tapas para viales	
		Bolsas de plástico	
		Plumones	

#### De protección personal

Bata
Googles (Lentes de Protección)
Careta de Protección
Guantes de nitrilo
Respirador desechable

### 3.4 Reactivos

Etanol absoluto al 99.9%
Aire
Gas Nitrógeno
Gas Hidrógeno
Agua Desionizada
Extran al 20%
NaOCl al 15%

### 3.5 Disposición de Residuos Peligrosos Biológicos e Infecciosos (RPBI)

El manejo de los Residuos Peligrosos Biológicos e Infecciosos (RPBI) es el conjunto de operaciones que incluyen la identificación, separación, envasado, almacenamiento, acopio, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

- Identificación y envasado en el Laboratorio de Química Forense

Se separan y envasan todos los RPBI, de acuerdo con sus características físicas y biológicas infecciosas, sin mezclar con ningún otro tipo de residuos municipales.

**Tabla 3. Residuos Peligrosos Biológicos e Infecciosos (RPBI)**

Tipo de Residuos	Estado Físico	Envasado	Color
▪ <b>Sangre</b>	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
	Sólidos	Bolsas de polietileno	Amarillo
▪ <b>Patológicos<sup>26</sup></b>	Líquidos	Recipientes herméticos	Amarillo
	Sólidos	Bolsas de polietileno	Rojo
▪ <b>Residuos no anatómicos<sup>27</sup></b>	Líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
	Sólidos	Recipientes rígidos polipropileno	Rojo

<sup>26</sup> Placentas, piezas anatómicas

<sup>27</sup> Gasas, torundas impregnadas de líquidos corporales y secreciones.

- Recolección y transporte externo

Posteriormente se recolectan y transportan los RPBI conforme a lo dispuesto en los ordenamientos jurídicos aplicables por SEMARNAT cumpliendo el envasado, embalado, etiquetado o rotulado, no estar compactados durante su recolección y transporte, y los contenedores deberán estar desinfectados y lavados después de cada ciclo de recolección realizada por una empresa particular especializada.

De acuerdo a la NOM-087-ECOL-SSA1-2002 no se consideran Residuos Peligrosos Biológicos e Infecciosos (RPBI) la orina y el excremento, sin embargo, cuando estos provienen de pacientes con enfermedades infectocontagiosas graves deben ser desinfectadas con hipoclorito de sodio o formol antes de ser desechadas.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

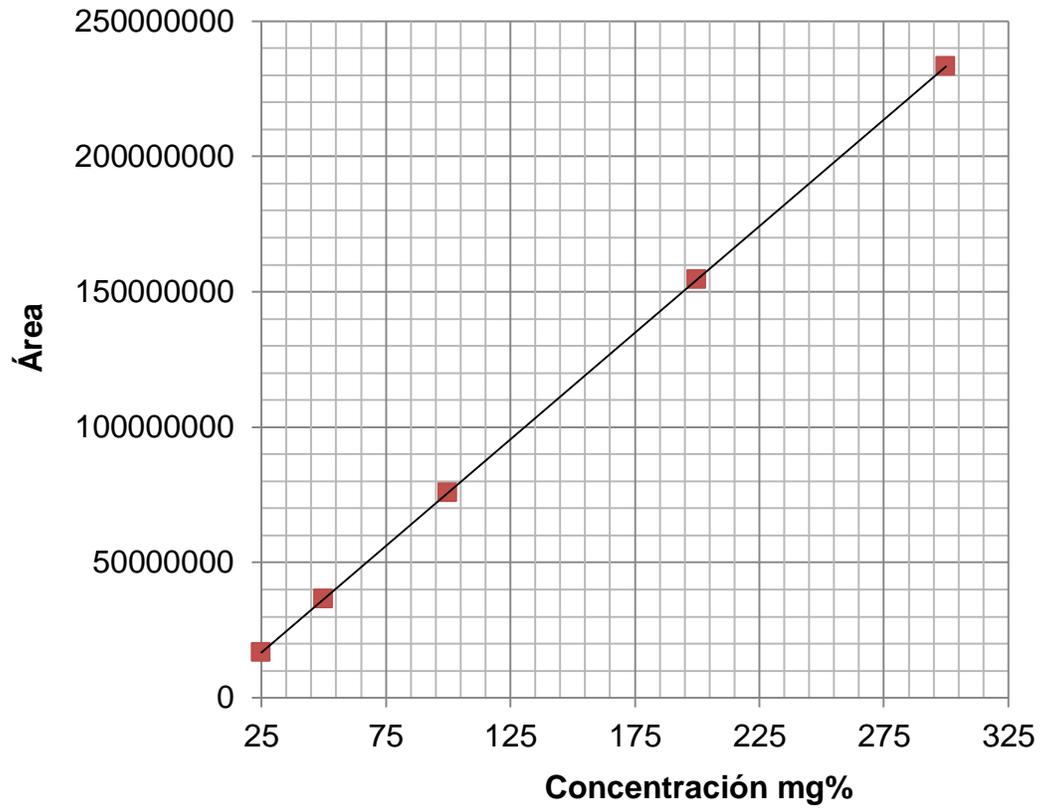
Para llevar a cabo la cuantificación de etanol en las muestras obtenidas se utilizó el método de calibración de Estándar Externo, el cual consiste en elaborar una serie de soluciones de concentración conocida del analito<sup>28</sup> (25, 50, 100, 200, 300 y 400 mg% en volumen) para realizar la calibración. Esta curva de calibración se realizó semanalmente en el Cromatógrafo de Gases Agilent Technologies 6890N Network GC System acoplado a Agilent Technologies G1888 Network Headspace Sampler, durante el tiempo que duró la investigación. Cada una de las soluciones de concentración conocida se introdujo por duplicado.

En la gráfica siguiente se observa una de las curvas de calibración obtenidas, en ella se buscó que el coeficiente de correlación por lo menos presentara un valor de 0.99 o más.

---

<sup>28</sup> Es una sustancia o especie química a analizar.

**Gráfica 1. Curva de calibración obtenida para el Cromatógrafo de Gases Agilent.**



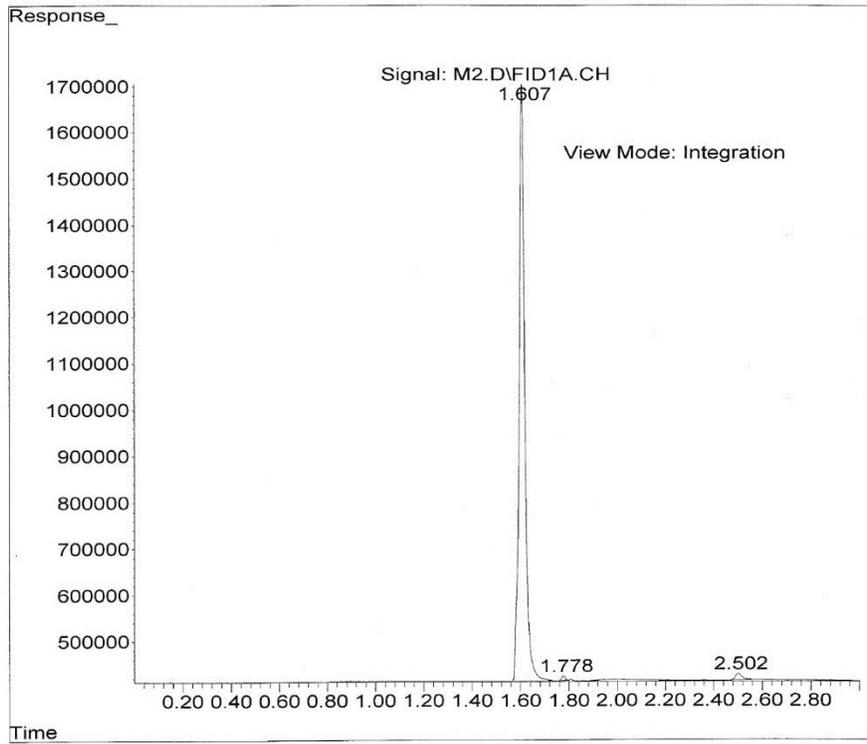
**Tabla 4. Regresión lineal.**

<b>Estadísticas de la regresión</b>		<b>Área</b>	<b>Concentración</b>
<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	0.999464931	<b>19282852.6</b>	25
<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup></b>	0.998930149	<b>37494922.1</b>	50
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	0.998573532	<b>72492439.5</b>	100
<b>Coefficientes</b>		<b>151495826</b>	200
<b>Intercepción</b>	-2908987.022	<b>235872812</b>	300
<b>Variable X 1</b>	786938.9437		

En lo que respecta a las muestras se analizaron un total de 1007 muestras biológicas (orina, sangre, hígado, músculo y placenta) durante la estancia de investigación para obtener la concentración de etanol (mg% miligramos por ciento en volumen) de cada una de ellas.

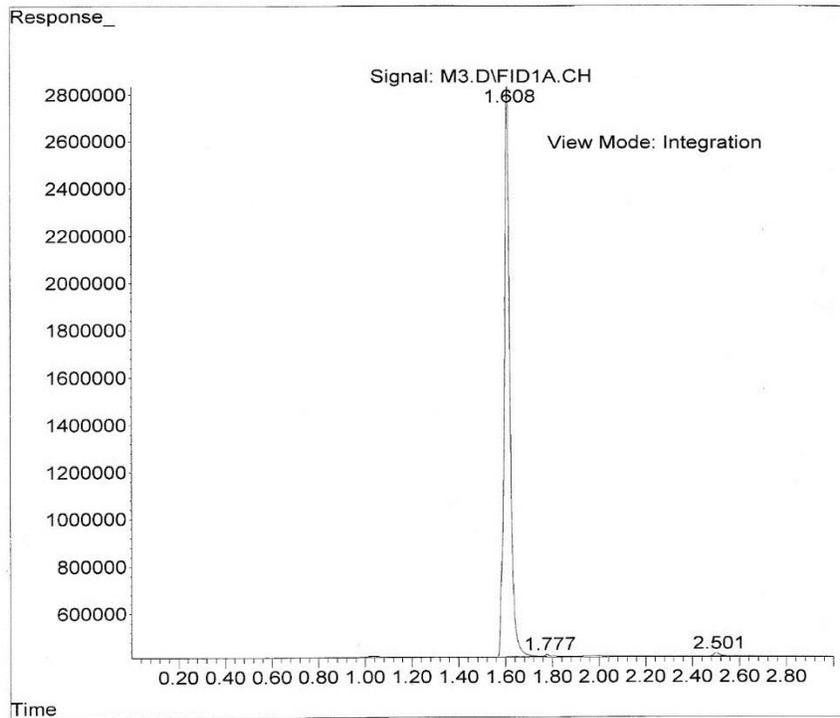
Los cromatogramas de los resultados obtenidos de las diferentes concentraciones de etanol, fueron determinadas a lo largo del desarrollo experimental de la tesis. Los cinco cromatogramas presentados a continuación corresponden a una de las curvas de calibración utilizadas, en donde se utilizaron los testigos de: 25, 50, 100, 200 y 300 miligramos por ciento.

MUESTRA: STD 25



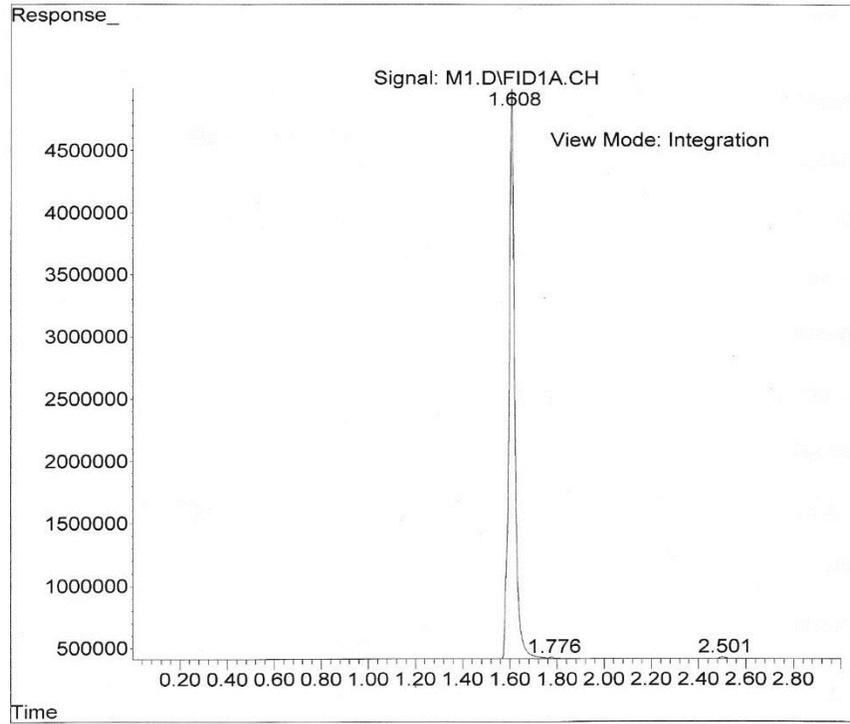
T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.61	ETANOL	20904239.19	24.34	mg%

MUESTRA: STD 50



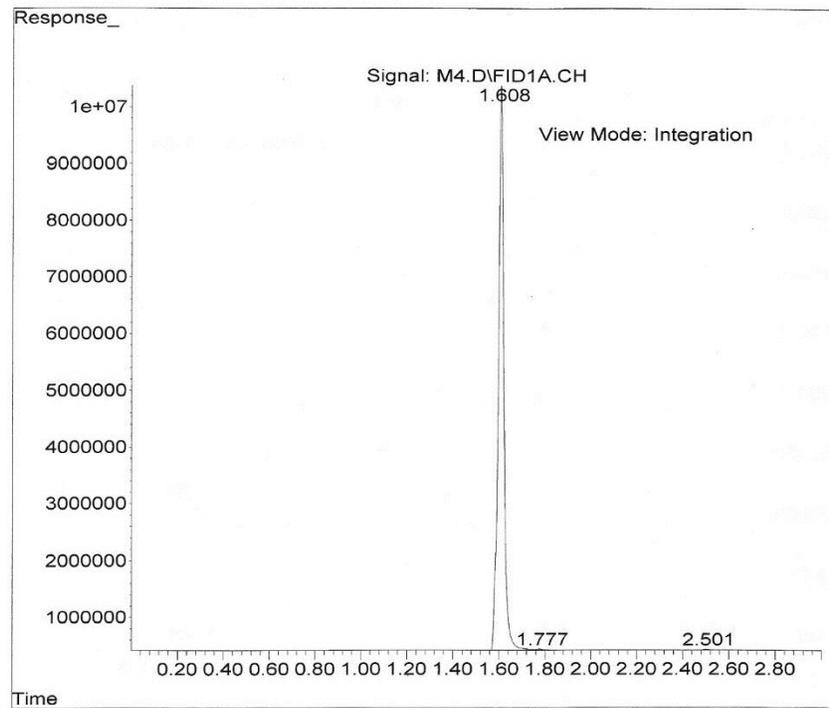
T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.61	ETANOL	40683578.75	47.37	mg%

MUESTRA: STD 100



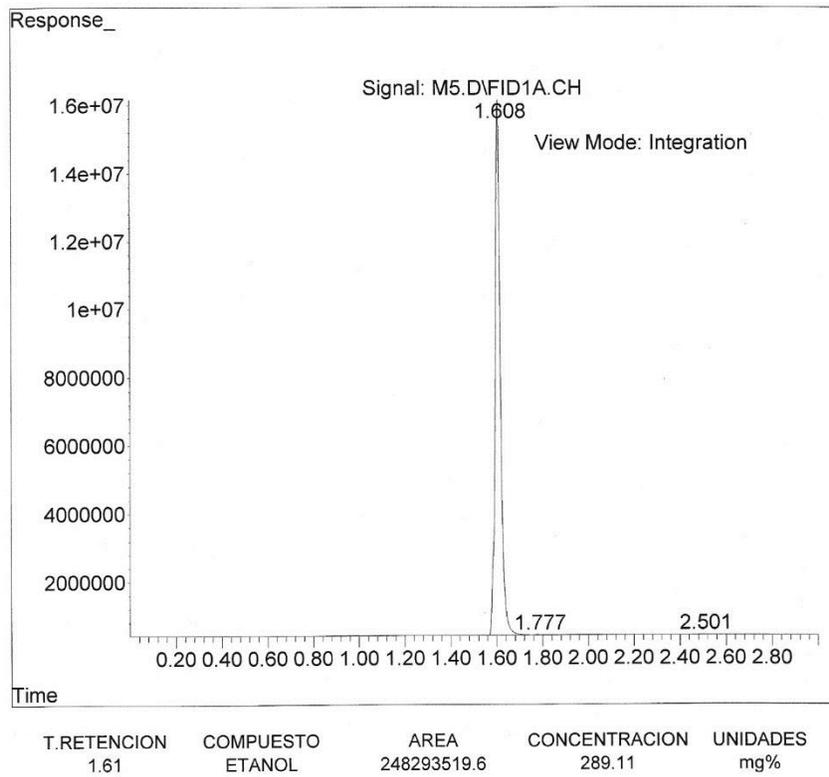
T.RETENCIÓN	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.61	ETANOL	77957103.04	90.77	mg%

MUESTRA: STD 200



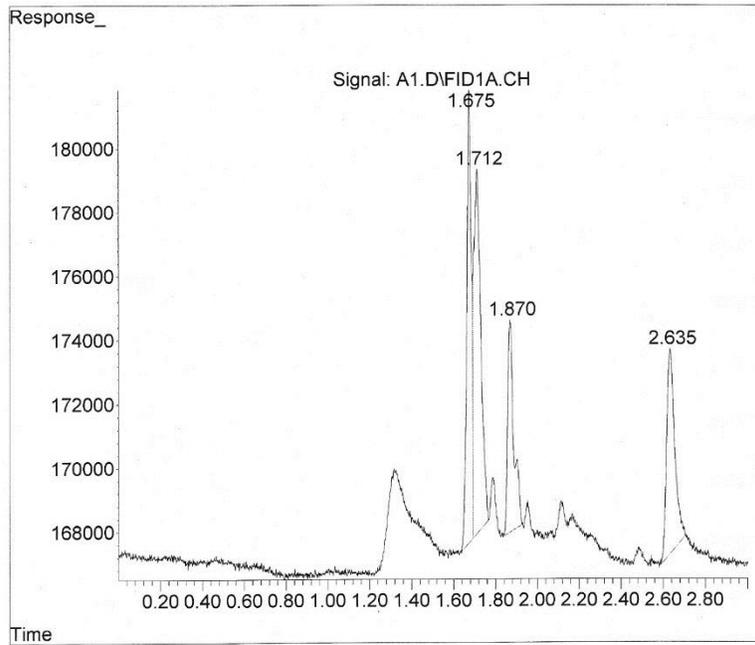
T.RETENCIÓN	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.61	ETANOL	165079509.8	192.22	mg%

MUESTRA: STD 300



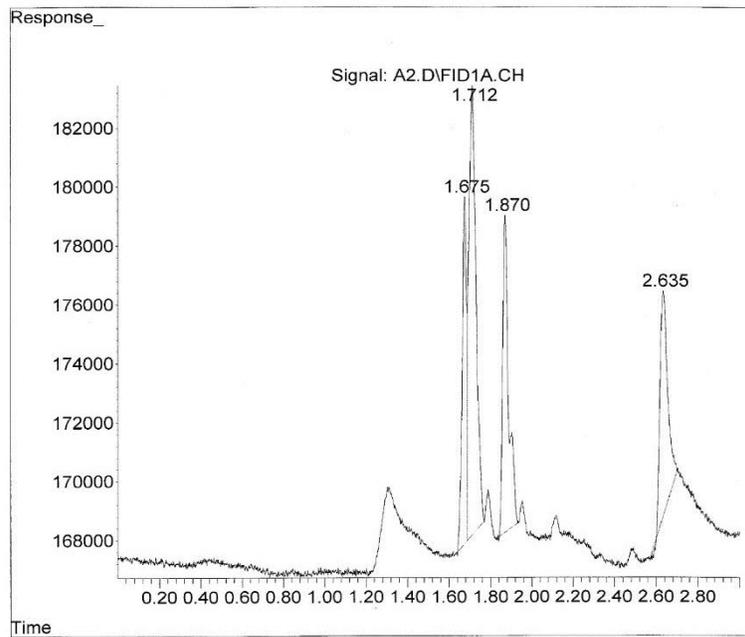
Se utilizaron muestras que contenían solamente aire; estas permitieron observar si existía algún componente dentro de la columna del equipo CG que pudiera interferir en la determinación de la concentración de etanol. Los dos cromatogramas siguientes muestran las señales obtenidas las cuales son similares.

MUESTRA: AIRE 1



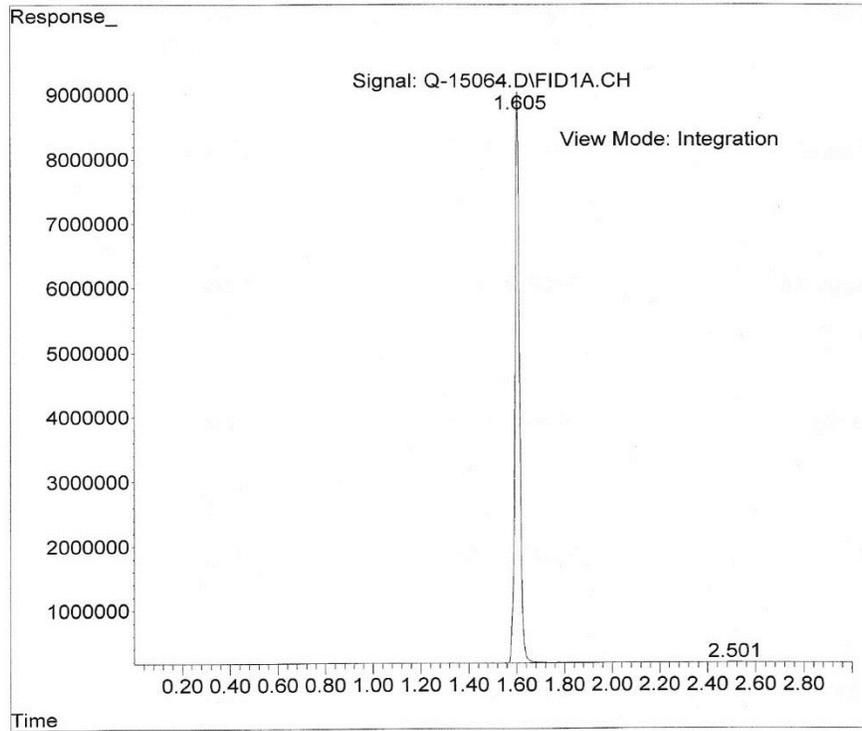
T.RETENCIÓN	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.68	ETANOL	207857.065	0.26	mg%

MUESTRA: AIRE 2

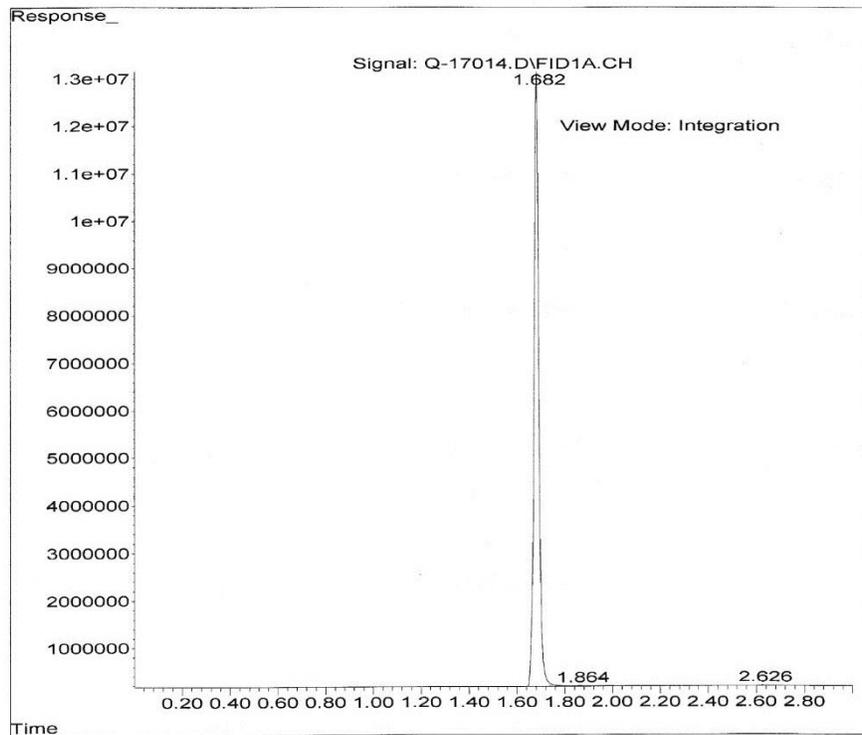


T.RETENCIÓN	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.68	ETANOL	163973.039	0.20	mg%

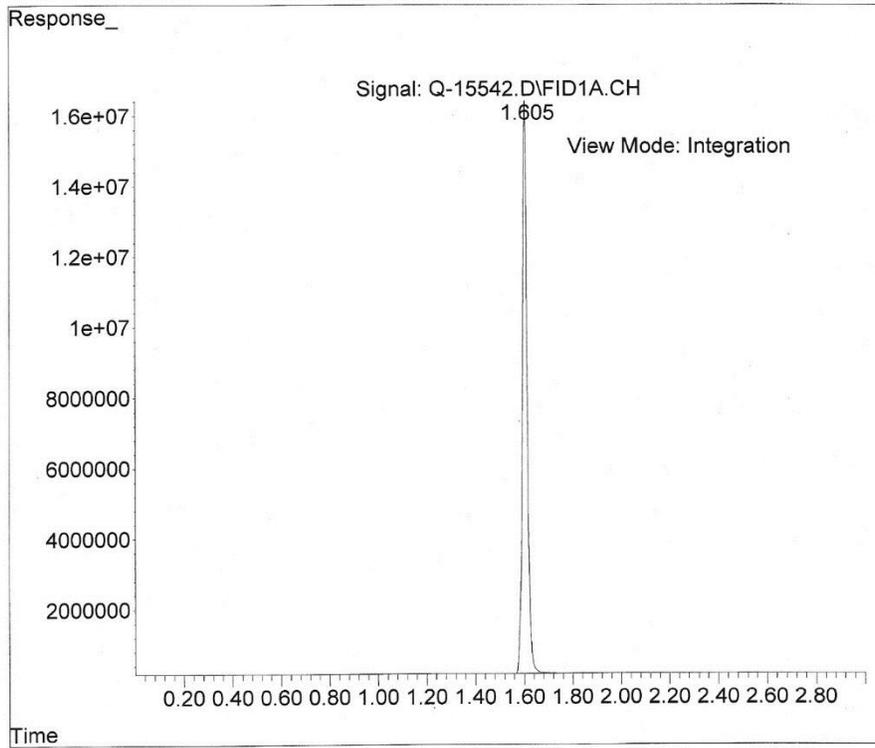
Algunos casos analizados mostraron diferentes concentraciones que variaban desde 0 hasta casi 400 miligramos por ciento volumen, a continuación se presentan algunos ejemplos.



T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.60	ETANOL	117766254.8	164.01	mg%



T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.68	ETANOL	178496009.1	213.58	mg%



T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.60	ETANOL	218327101.4	304.07	mg%

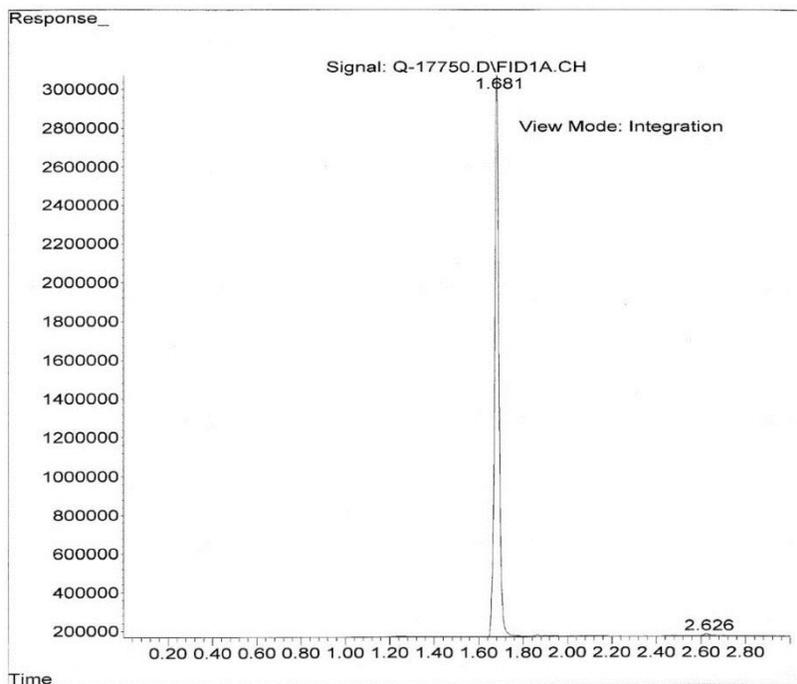
Después de realizar la curva de calibración y determinar las concentraciones de etanol en las 1007 muestras biológicas obtenidas de los sujetos vivos y muertos, se evaluaron los datos recabados del año 2011 – 2012, y se realizó un tratamiento estadístico de los mismos para identificar los posibles errores que pudieron afectar al estudio. En principio se eliminaron los datos que no contenían la información completa del sujeto (por ejemplo datos demográficos), así como determinaciones de etanol menores a una concentración de 8 mg% y datos que tenían demasiada variación; con estos criterios de exclusión se obtuvieron un total 255 datos de los 1007 que se habían recolectado inicialmente, para posteriormente aplicar el método estadístico de ANOVA (Análisis de Varianza).

El método estadístico ANOVA es utilizado para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre medias, cuando tenemos más de dos muestras o grupos en el mismo planteamiento es decir, que permite comprobar si las diversas muestras se pueden considerar aleatorias de la misma población.

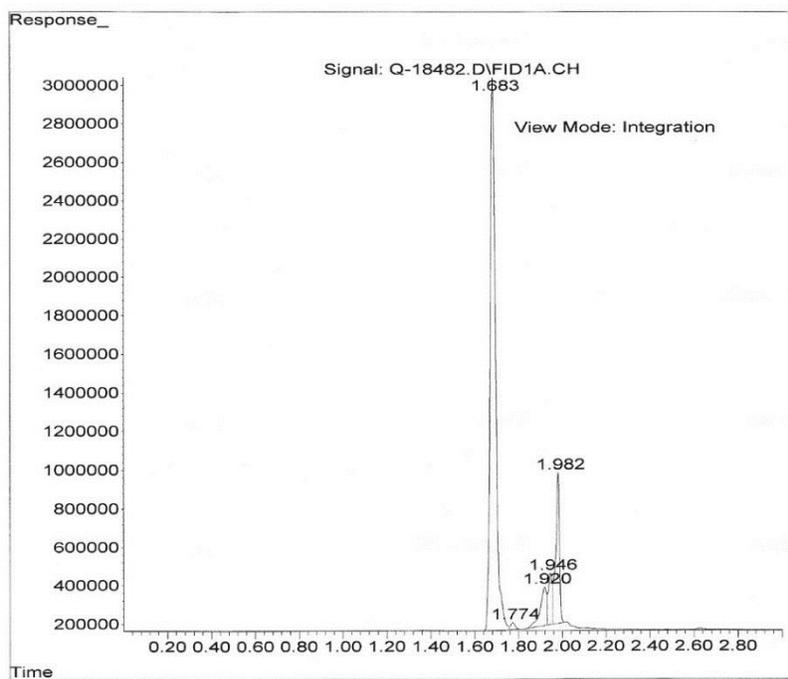
A su vez para verificar la homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba de Levene (para muestras de tamaño distinto), la cual nos indica si podemos o no suponer varianzas iguales. Así, si la probabilidad asociada al estadístico Levene es  $>0.05$  “suponemos varianzas iguales”, o bien, si es  $<0.05$  “suponemos varianzas distintas”.

Posteriormente para saber qué media difiere de qué otra, para cada par de grupos se debe utilizar un tipo particular de contrastes denominados comparaciones múltiples post hoc y así, identificar dónde se producen las diferencias significativas.

Para ello se aplica el método de comparación múltiple, que busca establecer diferencias entre grupos basándose en diferencias dos a dos, además se utiliza LSD de Fisher (sólo si hay 3 grupos) cuando se tiene un número diferente de individuos en cada grupo.



T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.68	ETANOL	39427759.38	56.86	mg%



T.RETENCION	COMPUESTO	AREA	CONCENTRACION	UNIDADES
1.68	etanol	48532181.55	98.26	mg%

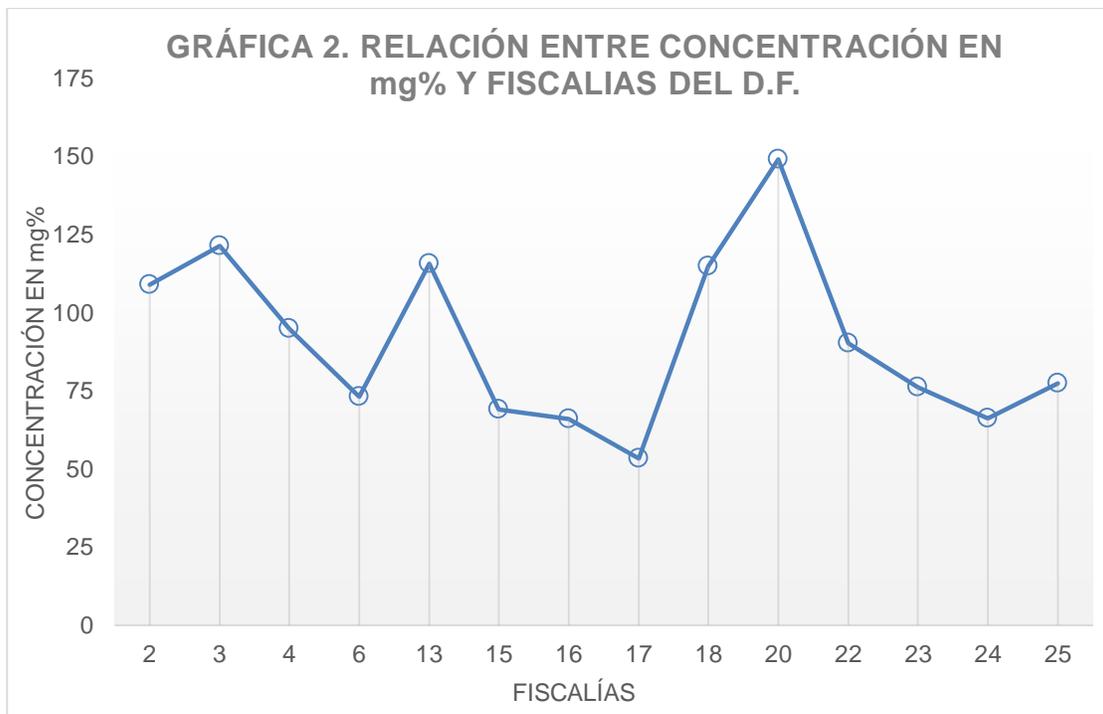
De acuerdo a lo explicado anteriormente, se utilizaron 8 parámetros (Fiscalías, delitos, mes, edad, género, tipos de muestras, ocupación y horas transcurridas de consumo) para poder evaluar las características propias del individuo que ingieren etanol en el Distrito Federal.

Al aplicar el método estadístico ANOVA, se obtuvieron los siguientes resultados.

El primer parámetro evaluado fueron las Fiscalías.

Tabla 5. Relación de Fiscalías y alcohol ingerido en la población del D.F.

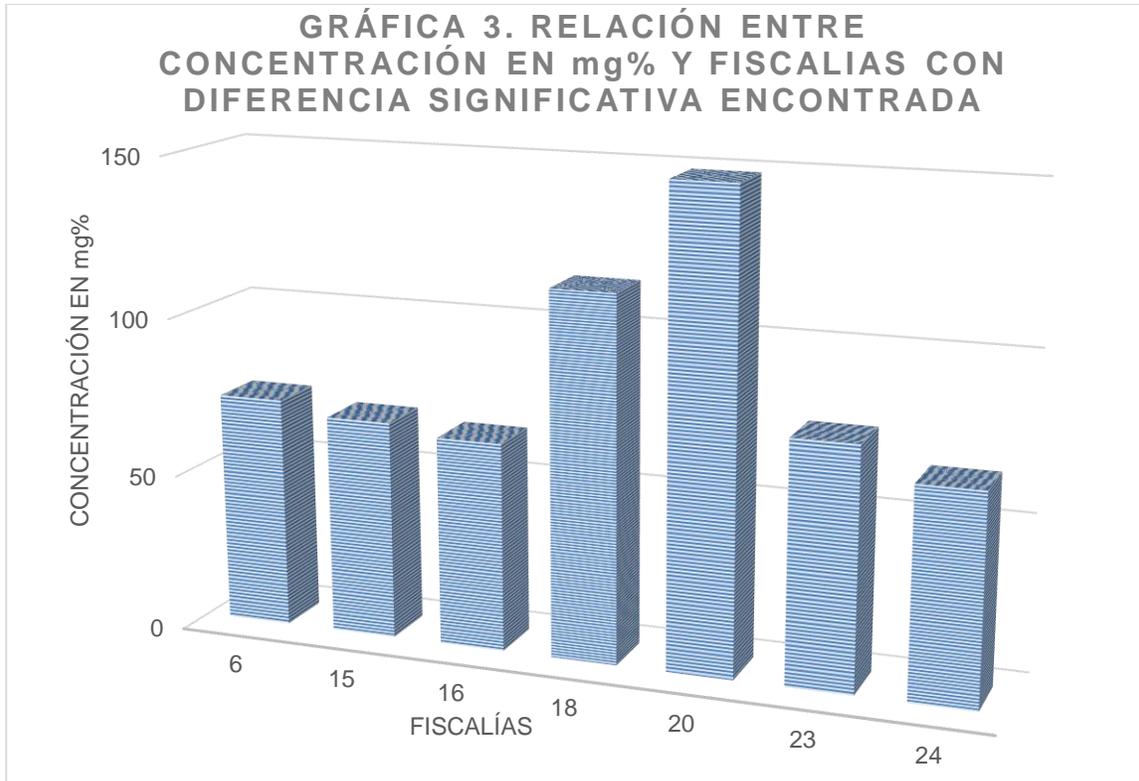
<b>Nombre de la fiscalía</b>	<b>Número de fiscalía</b>	<b>[ ] mg%</b>	<b>Error estándar</b>
Álvaro Obregón (AO)	2	108.92	30.54
Azcapotzalco (AZ)	3	121.451	25.811
Benito Juárez (BJ)	4	94.999	24.144
Cuauhtémoc (CUH)	6	73.111	21.074
Fiscalía de Delitos Sexuales (FDS)	13	115.581	18.586
Gustavo A. Madero (GAM)	15	69.149	18.586
Hospital (H)	16	65.976	18.94
Iztacalco (IZC)	17	53.277	48.287
Iztapalapa (IZP)	18	114.886	15.666
Miguel Hidalgo (MH)	20	149.11	27.879
Tláhuac (TLH)	22	90.16	34.144
Tlalpan (TLP)	23	76.242	24.144
Venustiano Carranza (VC)	24	66.148	20.137
Xochimilco (XO)	25	77.444	26.785



Para este análisis (tabla 5) se aplicó la prueba de Levene, observando que la media de la concentración de etanol en miligramos por ciento con relación a las fiscalías, no mostró diferencia estadísticamente significativa, por consiguiente se procedió a utilizar el análisis post hoc para poder analizar las medias de cada grupo de Fiscalías e identificar algún comportamiento entre ellas.

Tabla 6. Comparación de Fiscalías en relación al etanol ingerido con diferencia estadísticamente significativa.

Nombre de la fiscalía	Número de fiscalía	Media en mg%
Cuauhtémoc (CUH)	6	73.111
Gustavo A. Madero (GAM)	15	69.1485
Hospital (H)	16	65.9762
Iztapalapa (IZP)	18	114.8861
Miguel Hidalgo (MH)	20	149.11
Tlalpan (TLP)	23	76.2425
Venustiano Carranza (VC)	24	66.1483



En las Fiscalías mencionadas en la tabla 6 se observa una diferencia significativa entre ellas, siendo la Fiscalía en Miguel Hidalgo (ver gráfica 3) en la que se encontró la concentración de etanol más alta, respecto a las Fiscalías de Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Hospital, Iztapalapa, Tlalpan, Venustiano Carranza. Lo anterior puede ser un punto clave para la comisión de los diferentes delitos, aunque en los informes estadísticos de la PGJDF (del 2011 y 2012) se ha identificado que el mayor índice delictivo se presentó en Iztapalapa, Cuauhtémoc y la Gustavo A. Madero, por lo que no necesariamente la Fiscalía con la media de concentración de etanol más elevada (mayor cantidad de etanol ingerido), será la más delictuosa.

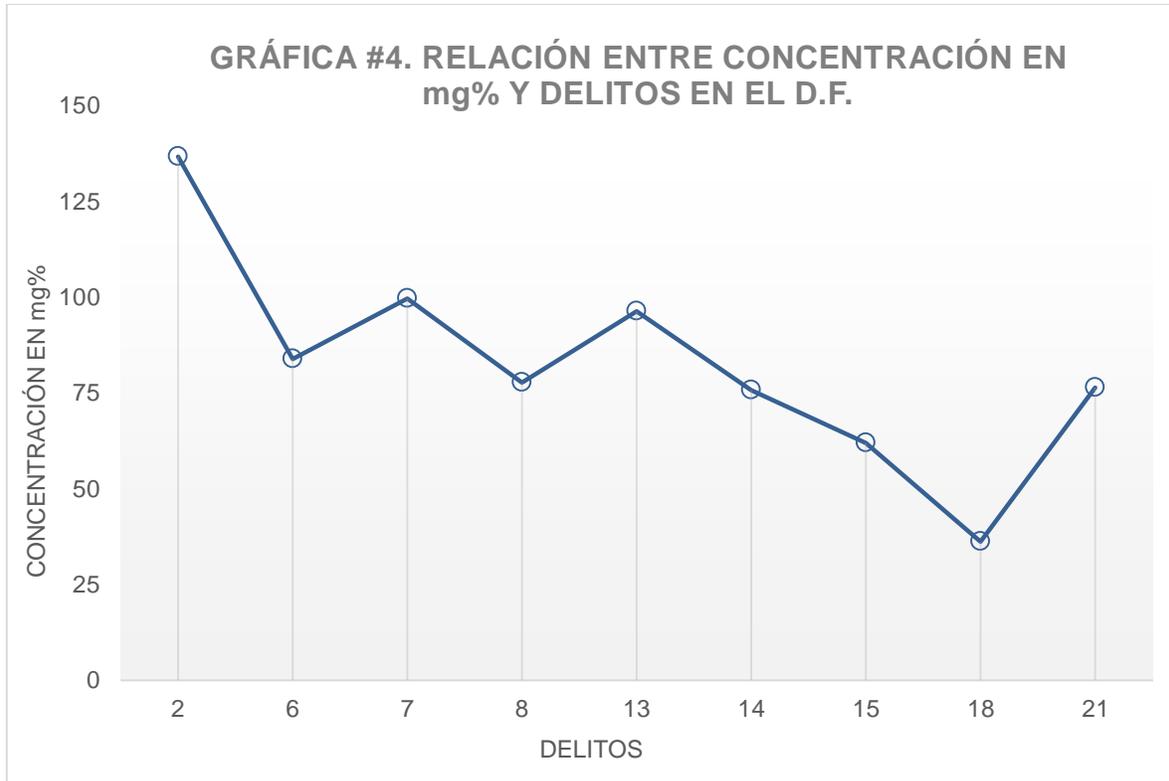
En cuanto al hecho de tránsito, de acuerdo al tercer informe sobre la situación de la seguridad vial 2013, los siniestros de tránsito en 2011<sup>29</sup>, se concentraron principalmente en 8 delegaciones (Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Cuauhtémoc, Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Álvaro Obregón), en donde al analizar nuestros resultados estas delegaciones se vieron relacionadas con el consumo de etanol excepto la delegación Coyoacán, Benito Juárez y Álvaro Obregón, además los siniestros de tránsito tuvieron una alta incidencia en los análisis realizados en el presente trabajo.

Para el caso del parámetro delito obtuvimos los siguientes resultados.

Tabla 7. Relación entre delitos y alcohol ingerido en la población del D.F.

<b>Delito</b>	<b>Número de delito</b>	<b>[ ] mg%</b>	<b>Error estándar</b>
Abuso	2	136.645	23.613
Corrupción	6	83.866	43.540
Daño a la propiedad	7	99.645	21.245
Denuncia de hechos	8	77.655	34.422
Homicidio	13	96.229	8.411
Lesiones	14	75.679	15.023
Lesiones y daño a la propiedad	15	61.949	26.020
Portación	18	36.180	68.843
Robo	21	76.371	28.105

<sup>29</sup> [http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Observatorio\\_Nacional\\_Lesiones.html](http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Observatorio_Nacional_Lesiones.html)

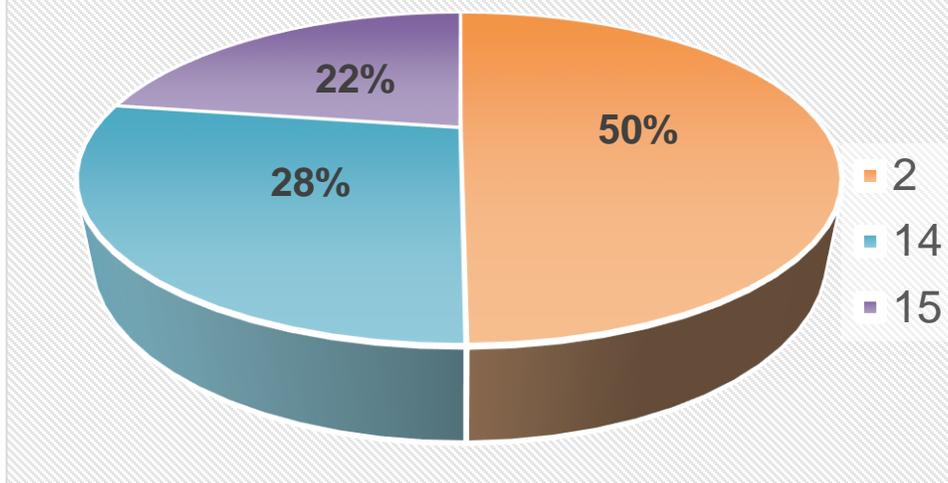


En este parámetro (ver tabla 7) también se aplicó la prueba de Levene, donde se observa que en las muestras biológicas analizadas no tiene diferencia estadísticamente significativa entre la media total de los delitos y el etanol ingerido, por consiguiente se evaluó por grupos de delito para identificar alguna relevancia, obteniendo lo siguiente.

Tabla 8. Comparación de delitos en relación al etanol ingerido con diferencia estadísticamente significativa.

<b>Delito</b>	<b>Número de delito</b>	<b>Media en mg%</b>
Abuso	2	136.6453
Lesiones	14	75.679
Lesiones y daño a la propiedad ajena	15	61.9493

**GRÁFICA 5. RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN EN mg% Y DELITOS CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA**



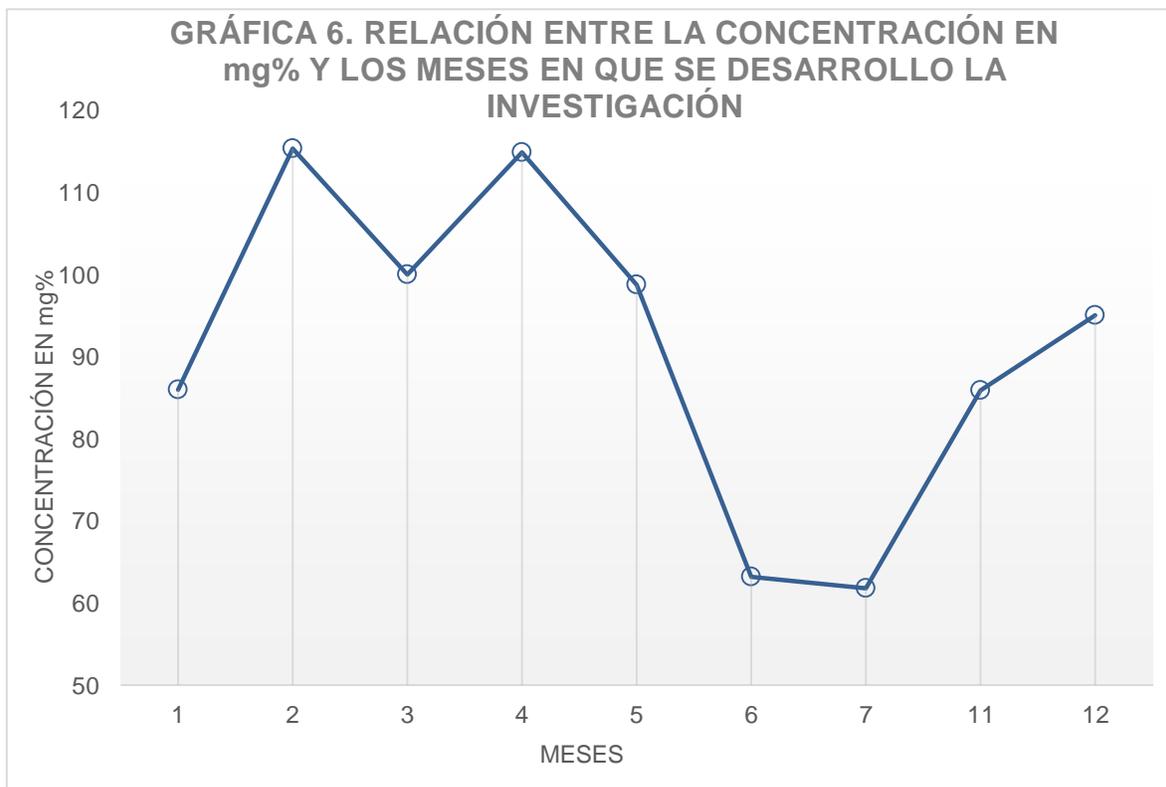
Como observamos en la gráfica 5 y tabla 8, los delitos que tuvieron una diferencia estadísticamente significativa fueron el 2, 14 y 15, donde el abuso (2) predominó respecto a las lesiones en general (14) y en un menor porcentaje a las lesiones y daño a propiedad ajena (15), determinando que el consumo en altas cantidades de etanol tiene una tendencia a generar delitos como abusos y además provocar diferentes tipos de lesiones.

El tipo de abuso principalmente analizado fue abuso sexual, en el caso de las lesiones en general fueron: contra la salud, por arma blanca, por disparo de arma de fuego, por caída, por riñas y tentativa de homicidio, para el caso de lesiones y daño a la propiedad ajena nos referimos principalmente a los incidentes por tránsito vehicular como choques automovilísticos.

El siguiente parámetro analizado fue el mes en que se desarrollaron los hechos investigados como delitos, resultando lo siguiente.

Tabla 9. Relación entre los diferentes meses del año y el alcohol ingerido en la población del D.F.

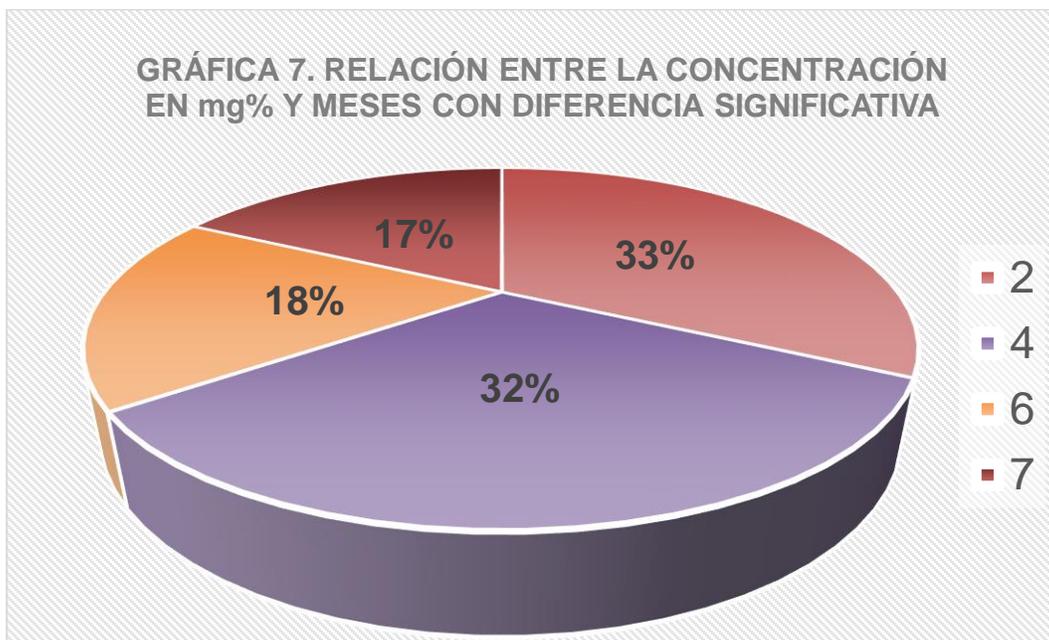
Mes	Número de mes	[ ] mg%	Error estándar
Enero	1	86	18.354
Febrero	2	115.33	16.907
Marzo	3	100.001	18.354
Abril	4	114.92	19.047
Mayo	5	98.782	18.354
Junio	6	63.192	17.732
Julio	7	61.808	19.825
Noviembre	11	85.905	17.732
Diciembre	12	95.049	18.354



Asimismo fue evaluado el mes con la prueba de Levene, donde no fue observada una diferencia significativa al comparar la media total de las muestras de los meses contra el etanol, por consecuente se aplicó el análisis post hoc para analizar los datos por grupo de meses, obteniendo una diferencia significativa en algunos casos.

Tabla 10. Relación entre los diferentes meses del año y el alcohol ingerido con una diferencia significativa

Mes	Número de mes	Media en mg%
Febrero	2	115.330
Abril	4	114.920
Junio	6	63.192
Julio	7	61.808



Los meses que presentaron una diferencia significativa fueron febrero, abril, junio y julio donde el segundo y cuarto mes tuvieron una concentración mayor respecto a los otros dos meses, por lo que se determinó que febrero representa el mes con más consumo y alta cantidad de etanol ingerido (ver gráfica 7). Observando la tendencia de la gráfica se puede deducir que los primeros meses de año, son los meses en que aumenta el consumo de etanol, aunque en muchos casos la relación mes – delito podría alterar dicha conclusión, por lo que este análisis será una pauta para realizar posteriormente otras investigaciones que nos permitan conocer más a fondo cuál es la realidad.

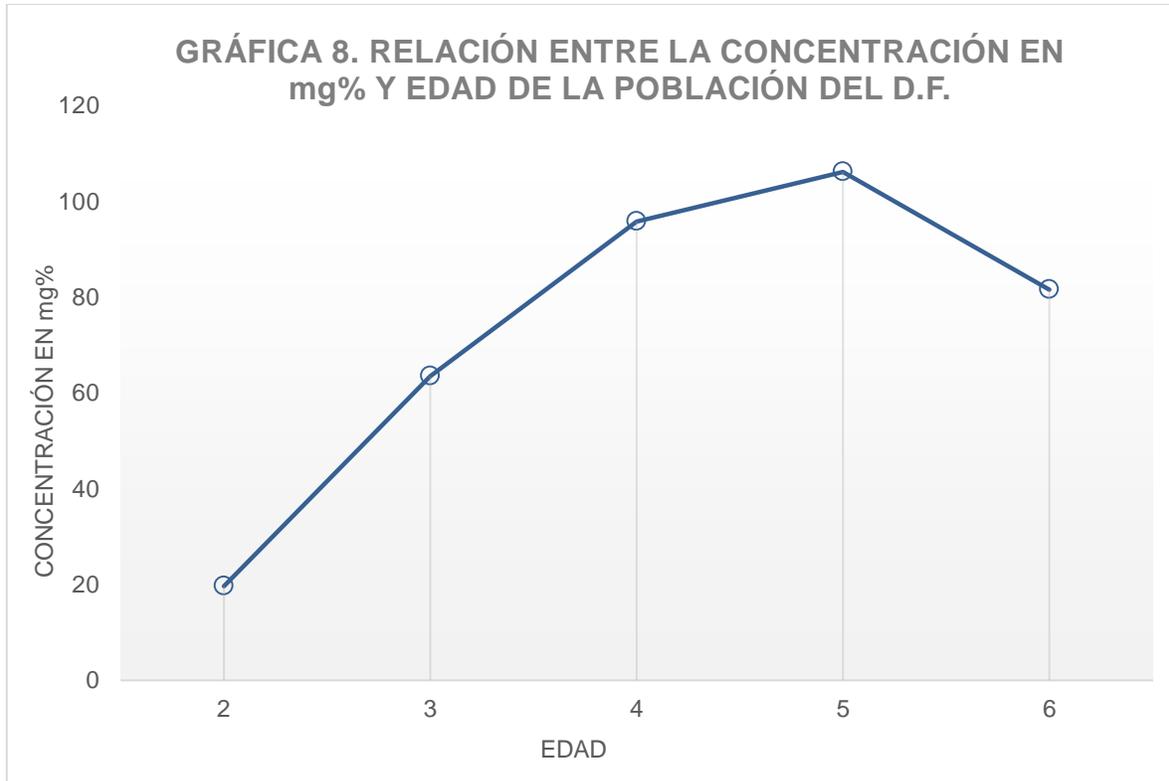
De acuerdo al informe estadístico delictivo en el Distrito Federal<sup>30</sup>, los delitos principalmente observados en averiguaciones previas fueron sin violencia y de bajo impacto social (robos, lesiones y fraude) en las delegaciones (Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Coyoacán y Benito Juárez) para el período del mes de febrero del 2012.

Como se comentó previamente la edad, es otro de los parámetros que se analizaron a lo largo de la investigación y del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 11. Relación entre las edades y el alcohol ingerido en individuos del D.F.

<b>Etapas</b>	<b>Rango de edad (años)</b>	<b>Número de edad</b>	<b>[ ] mg%</b>	<b>Error estándar</b>
Niñez	3 – 12	2	19.62	68.545
Adolescencia	13 – 20	3	63.5	15.936
Adulto joven	21 – 40	4	95.804	8.023
Adulto	41 – 60	5	106.089	13.315
Adulto mayor	> 60	6	81.558	23.511

<sup>30</sup> <http://www.pgjdf.gob.mx/index.php/procuraduria/procuraduria/estadisticas/periodoactual2012>

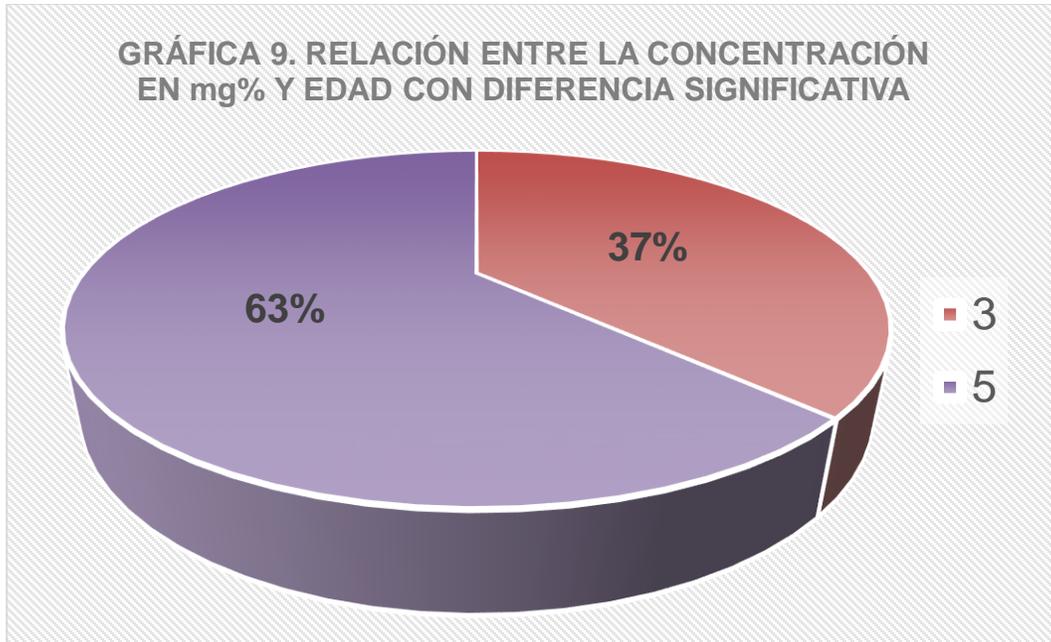


Después de ser aplicada la prueba de Levene, no se observó una diferencia significativa en la media total de las edades contra el etanol determinado, por lo que se aplicó el análisis post hoc para observar si había significancia en los grupos comparados, obteniendo lo siguiente.

Tabla 12. Relación entre las edades y el alcohol ingerido con diferencia significativa.

Edad	Rango	Número de edad	Media en mg%
Adolescencia	13 - 20	3	63.500
Adulto	41 - 60	5	106.089

**GRÁFICA 9. RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN EN mg% Y EDAD CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA**



Los resultados de la gráfica 9 demostraron que existe una diferencia significativa en los grupos 3 y 5, los cuales corresponden a los rangos de edad de 13 – 20 y 41 – 60, respectivamente, esto quiere decir que dichas edades son importantes respecto al elevado consumo de etanol, las cuales están relacionados con diferentes hechos delictuosos ocurridos en el Distrito Federal. Además observamos que en el rango de 41 – 60 la gente consume una mayor cantidad de etanol respecto a los otros rangos.

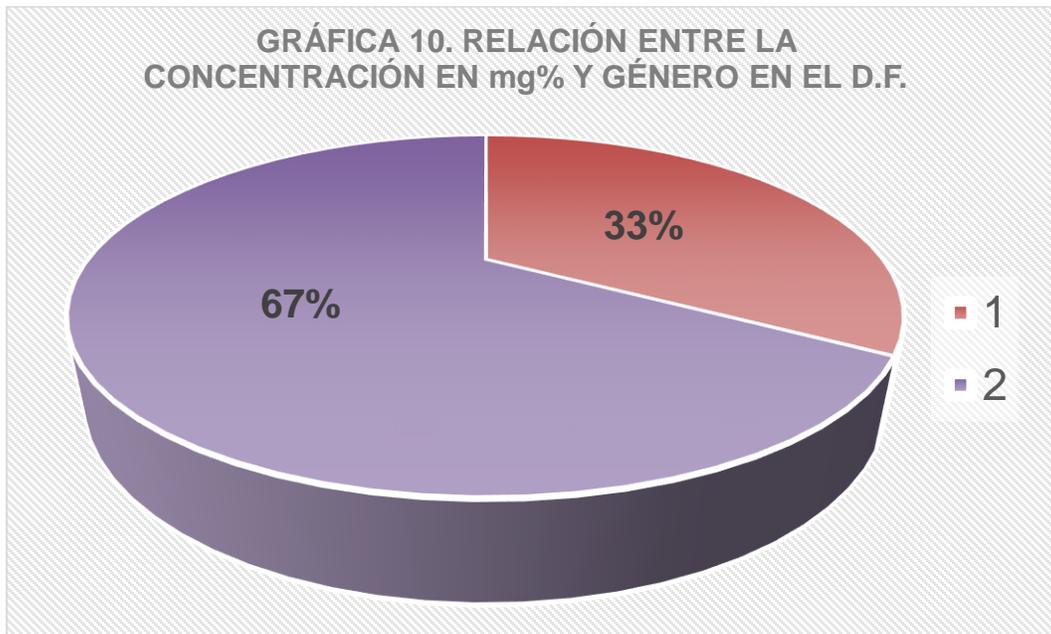
En la etapa de la vida de 35 – 55 años el ser humano se enfrenta a situaciones que tienen un alto costo psicológico: frustración, stress, depresión, inadaptación, insomnio, sensación de inactividad y de fracaso, y todo esto acompañado muchas veces de una gran sensación de pérdida, soledad y vacío existencial. Dentro de este síndrome se incrementan sustancialmente los niveles en el consumo de alcohol y de tabaco, así como se crean o fomentan otras dependencias, se dan los divorcios y cambios de trabajo o de ocupación.<sup>31</sup>

31 David Casares Arrangoiz, "Planeación de vida y carrera", 2a edición, México, Limusa, 2005, 168 páginas.

Otro de los parámetros a evaluar fue el género, del cual obtuvimos los siguientes resultados.

Tabla 13. Relación entre género y alcohol ingerido en la población del D.F.

Género	Número de género	Media en mg%	Error estándar
Femenino	1	46.344	14.715
Masculino	2	100.652	6.534

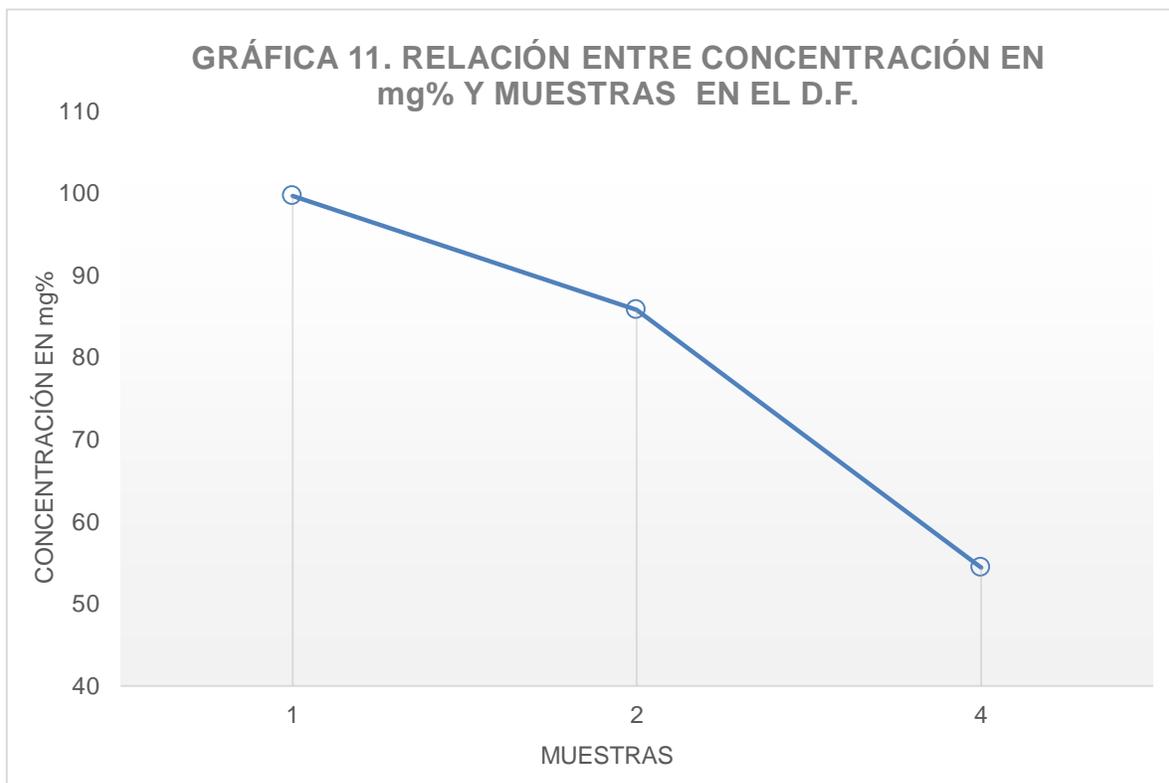


Al evaluar este parámetro no se logró desarrollar un análisis post hoc, debido a que los grupos presentados eran menos de 3, por lo que sólo se aplicó la prueba de Levene y se pudo observar una diferencia significativa entre ambos grupos. Es evidente que en el caso de las mujeres tienden a consumir menos cantidad de etanol respecto a los hombres, quienes inclusive consumen el doble de etanol respecto a las mujeres, y esto puede provocar que se vean envueltos en diferentes delitos debido a su inestabilidad emocional, como impulsividad y agresividad.

El tipo de muestra es el parámetro evaluado a continuación.

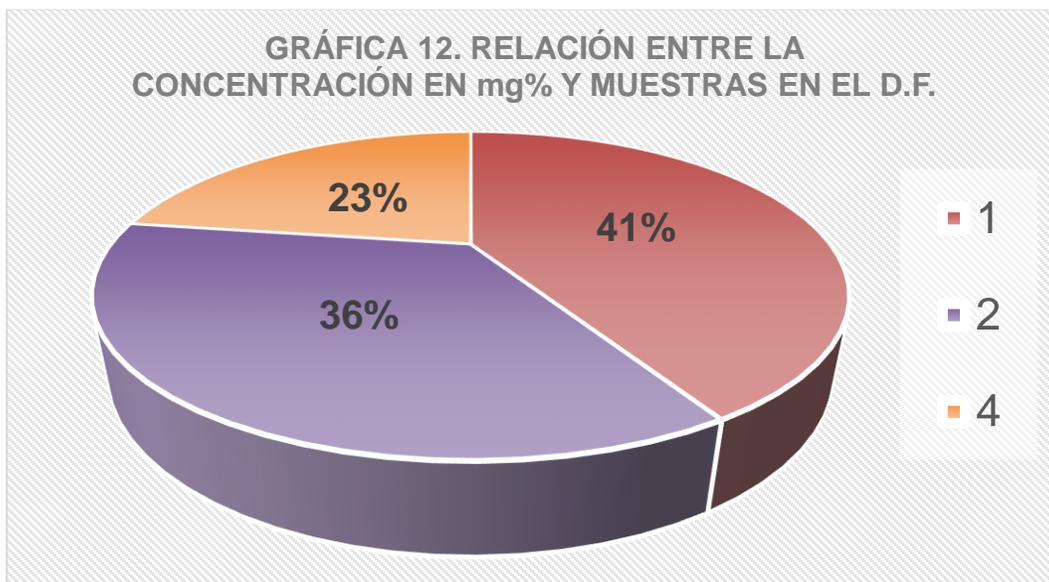
Tabla 14. Relación entre el tipo de muestra y alcohol ingerido en la población del D.F.

Tipo de muestra	Número de muestra	[ ] mg%	Error estándar
Sangre	1	99.648	8.625
Orina	2	85.789	8.873
Hígado	4	54.426	34.366



Al aplicar la prueba de Levene no obtuvimos una diferencia significativa de las muestras biológicas, al hacer el análisis post hoc de cada grupo de muestra tampoco se obtuvo una diferencia significativa, por lo que se dedujo que cualquiera de las tres muestras (sangre, orina e hígado), ayuda con el principal objetivo del presente trabajo: determinar la presencia de etanol, el cual no varía con el tipo de muestra.

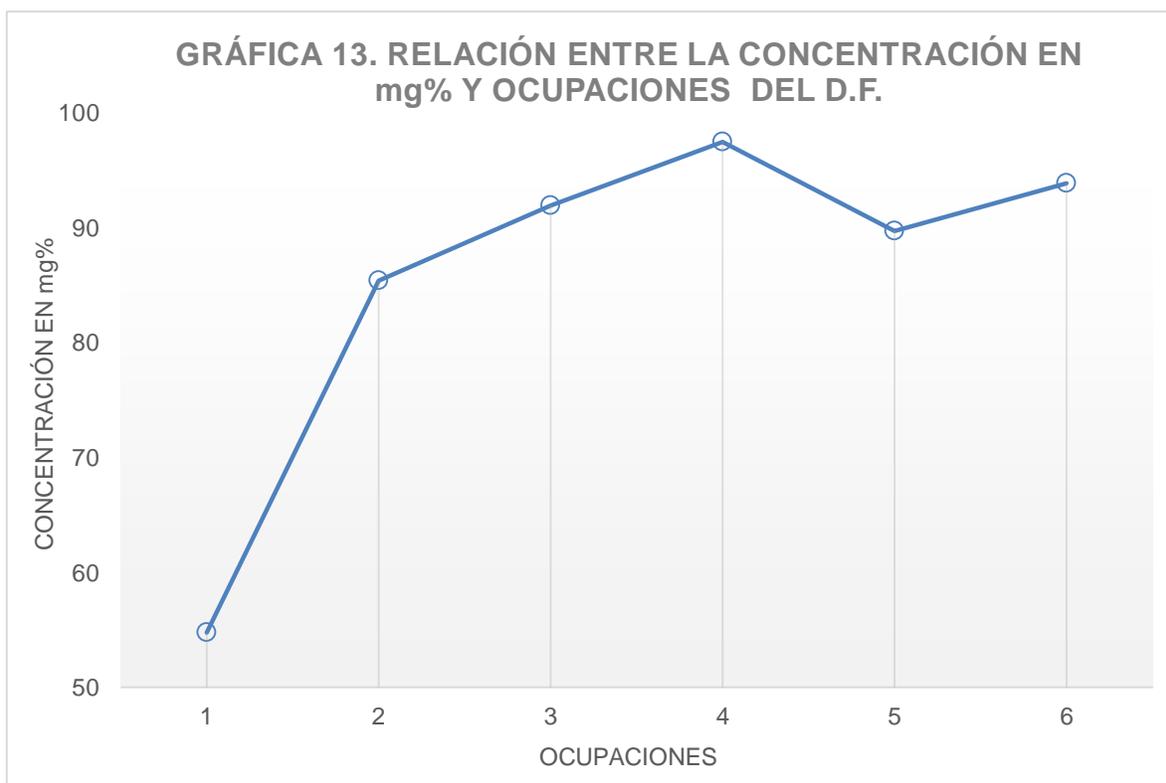
Las muestras de sangre en occisos fueron obtenidas principalmente del cráneo y tórax, y en el caso de los sujetos vivos, la muestra sanguínea se obtuvo del brazo. La mayoría de muestras que llegan al laboratorio de Química Forense de la PGJDF son de sangre craneal y orina, aunque hay casos en los que se envían muestras de músculo, fragmento de placenta, e hígado. Como observamos en la gráfica 12, el 41% de las muestras recibidas en el laboratorio son de sangre, seguidas de orina e hígado.



El siguiente parámetro evaluado es la ocupación, sus resultados fueron los siguientes.

Tabla 15. Relación entre el tipo de ocupación y alcohol ingerido en la población del D.F.

Ocupación	Número de ocupación	[ ] mg%	Error estándar
Estudiantes	1	54.753	29.520
Desempleados	2	85.363	28.263
Empleados asalariados	3	91.932	14.132
Empleados independientes	4	97.455	16.318
Empleados no asalariados	5	89.68	28.263
Jubilados	6	93.834	8.395

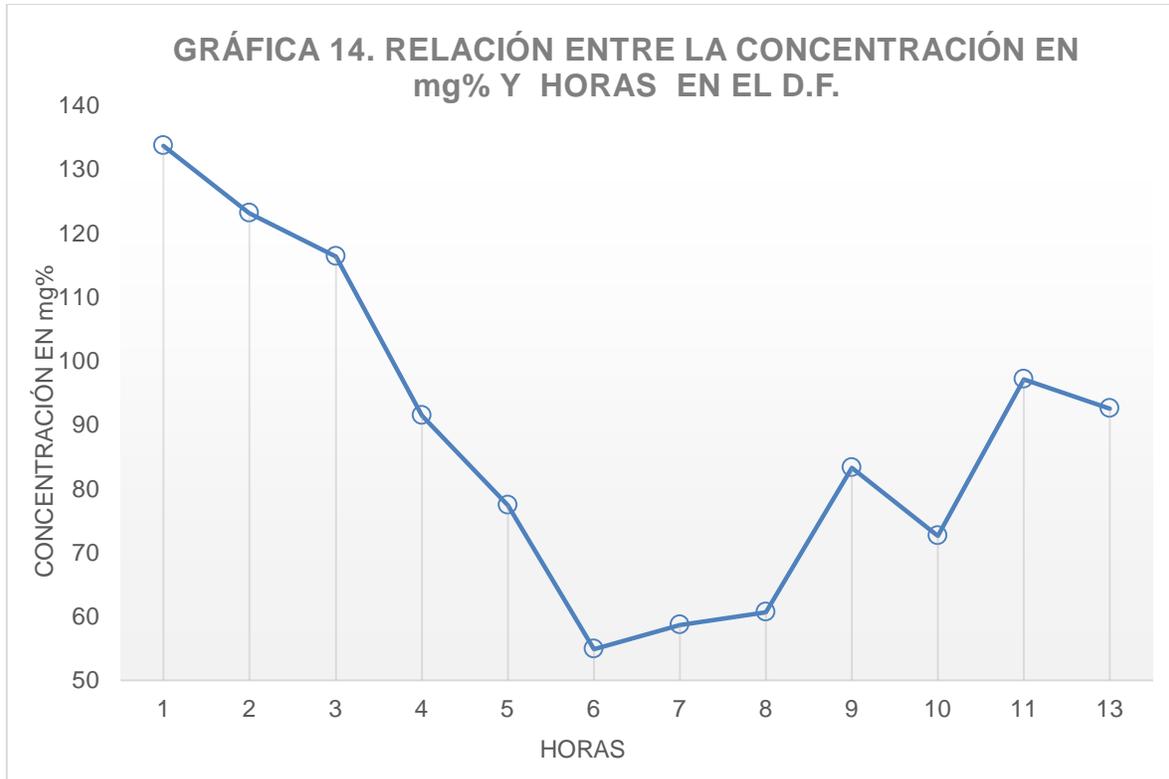


No hubo una diferencia significativa al aplicar la prueba de Levene, tampoco en el análisis post hoc, por lo tanto esta prueba indica que el etanol es consumido en la misma cantidad y concentración en cada ocupación, aunque destaca que los empleados independientes consumen etanol en mayor grado respecto a los demás.

El último parámetro evaluado fue el tiempo transcurrido desde el momento en que sucedió el delito hasta la toma de la muestra, los resultados fueron los siguientes.

Tabla 16. Relación de las horas transcurridas del delito a la toma de muestra y el alcohol ingerido en la población del D.F.

<b>Horas transcurridas</b>	<b>Número de horas</b>	<b>[ ] mg%</b>	<b>Error estándar</b>
2	1	133.676	15.959
4	2	123.116	21.967
6	3	116.341	18.096
8	4	91.457	21.967
10	5	77.345	22.569
12	6	54.88	20.415
14	7	58.673	22.569
16	8	60.622	26.557
18	9	83.243	15.333
20	10	72.65	19.966
22	11	97.07	39.091
> 24	13	92.5	25.591



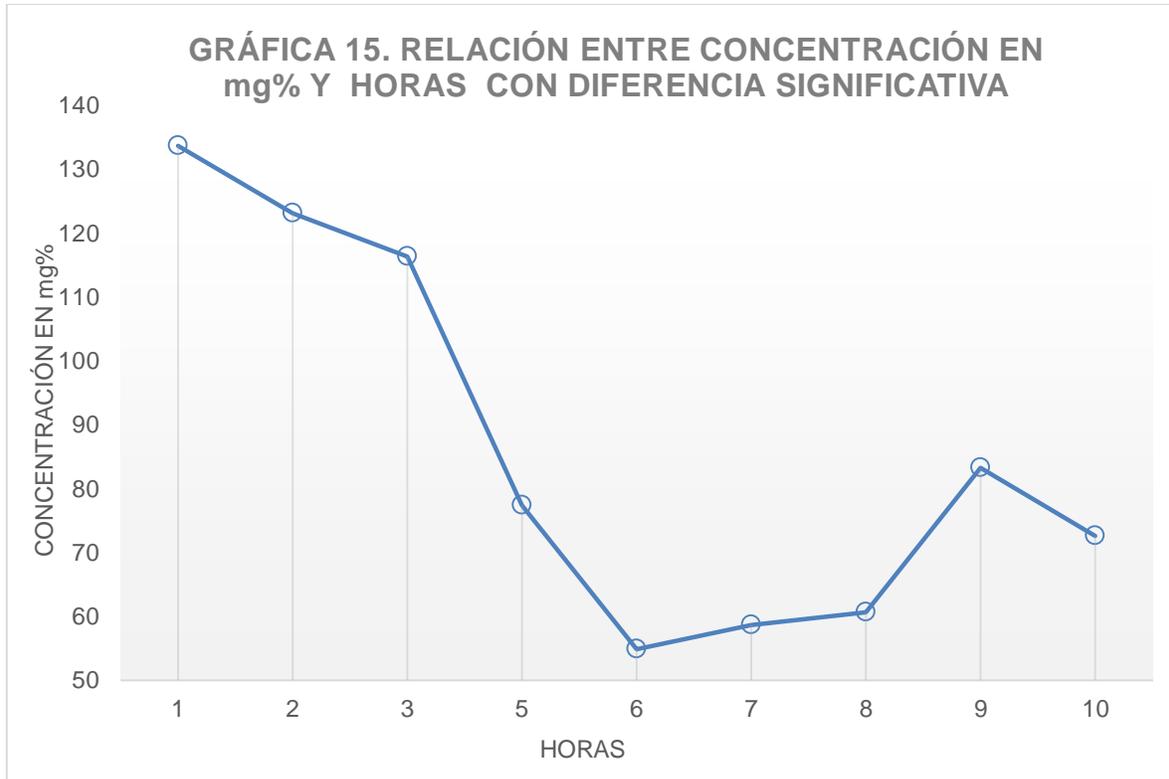
Los análisis de la prueba de Levene basados en la hora contra concentración de etanol no fueron significativos, pero al hacer el análisis Post hoc por grupos se encontró que algunos tuvieron significancia entre sí, aquellos grupos en que la muestra fue recolectada en las primeras horas (ver tabla 16), destaca el nivel alcanzado de etanol, el cual al paso del tiempo fue disminuyendo tal y como se esperaba. Esto permite deducir que para obtener determinaciones confiables de las concentraciones de etanol, es necesario que las muestras se tomen lo más cercanas al tiempo en que el hecho delictuoso ocurre, además es muy importante la toma de la muestra y los cuidados necesarios para realizarla, ya que puede alterar la concentración de etanol.

Por ello para la toma de muestra de sangre en sujetos vivos se debe obtener de sangre venosa en un tubo con tapón gris o rojo, desinfectando la zona con una solución jabonosa, agua oxigenada, iodopovidona (que no contenga ningún tipo de alcohol); en el caso de los occisos se obtendrá principalmente de la zona de la vena femoral o la cavidad intracardiaca.

Las muestras se deben conservar a 4°C y los recipientes que se envían a analizar deben ser tubos nuevos y estériles de polipropileno o similar con cierre hermético. Cuando se envasa sangre u orina, no debe quedar espacio vacío en el recipiente, es decir evitar la formación de una cámara de aire que produce pérdidas importantes de etanol; para evitar esto, el recipiente debe ser llenado al ras, bien tapado y si es posible sellado. Los recipientes de las muestras no deben enjuagarse nunca con alcohol y se deben rotular y cerrar perfectamente.

Tabla 17. Relación de las horas transcurridas del delito a la toma de muestra y el alcohol ingerido con diferencia significativa.

<b>Horas transcurridas</b>	<b>Número de hora</b>	<b>Media en mg%</b>
2	1	133.676
4	2	123.116
6	3	116.341
10	5	77.345
12	6	54.880
14	7	58.673
16	8	60.622
18	9	83.243
20	10	72.650



Además de la diferencia significativa encontrada en los grupos de horas analizadas en la tabla 17, observamos que a partir de las 18 horas el etanol en lugar de disminuir totalmente comenzó a aumentar, esto se debe posiblemente a diferentes fuentes de error en los procedimientos de toma de la muestra, acondicionamiento, conservación y transporte de la misma, hasta el momento de la realización del análisis, o el continuo consumo de etanol por parte del sujeto después del incidente, etc.

Lo mencionado anteriormente debe estar completamente controlado: actualización de procedimientos, aplicación correcta de los mismos, una adecuada capacitación del personal que toma las muestras, toma de muestra cercana a las horas en que se suscita el hecho delictivo, aplicación de un análisis estadístico de los resultados obtenidos, acreditación, certificación y validación del laboratorio, con la finalidad de alcanzar mejores resultados que facilitarán el esclarecimiento del hecho investigado como delito.

## CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

---

Los resultados obtenidos permitieron identificar que en las muestras de sujetos que pertenecen a la Fiscalía de Miguel Hidalgo presentan la mayor concentración de etanol; el delito observado principalmente que está relacionado con la presencia de etanol en las muestras de los sujetos, fue el abuso sexual, seguido de las diferentes lesiones contra la salud, las lesiones y daño a propiedad ajena.

Febrero representó el mes, en donde se obtuvo una mayor cantidad de etanol en las muestras de sujetos evaluadas. El rango de edad de los sujetos que donaron o de los que se obtuvieron las muestras, en el cual fue identificado etanol y se obtuvieron las concentraciones más altas fue de los 41 – 60 años; respecto al género, en las muestras de los sujetos masculinos se identificaron un mayor número de muestras con etanol respecto a las muestras de los sujetos femeninos, incluso la concentración mostró una tendencia al doble entre los sujetos masculinos y femeninos. La ocupación no fue relevante al identificar la presencia de etanol en las muestras de los sujetos.

En las muestras de sangre, hígado y orina se identificó la presencia de etanol, obteniendo una cuantificación mayor en sangre y orina. Además se observó que la concentración del etanol en las muestras de los sujetos, con respecto al tiempo que transcurre entre el hecho y la toma de muestras, disminuye.

Los análisis estadísticos de los resultados obtenidos permitieron determinar las tendencias del comportamiento de parte de la población que se ve involucrada en un hecho delictivo y que vive en el Distrito Federal, estableciendo rangos, valores y características propias de los sujetos, es por ello que fue de interés la evaluación de diferentes parámetros como la edad, género, ocupación, tipo de muestra, delito, fiscalía y hora de toma de muestra.

Se sugiere que la toma de muestra se realice en el menor tiempo posible después de haber sucedido el hecho delictivo, así como se revisen las condiciones de la toma y el traslado de las muestras.

## CAPÍTULO VII BIBLIOGRAFÍA

---

- 1) Douglas A. Skoog, F. James Holler, Timothy A. Nieman, (2001), "Principios de Análisis Instrumental", Editorial Mc Graw Hill, 5ta edición, España.
- 2) R.A. Day , A. L. Underwood, (1989) "Química Analítica Cuantitativa", Editorial Prentice Hall, 5ta edición, México, 841 páginas.
- 3) Peña Álvarez Aracelí, Cervera Flores Ernestina, Labastida Rubio Carmen, "Colección de Ejercicios de Análisis Cuantitativo por Cromatografía de Gases", UNAM, Facultad de Química.
- 4) Dreisbach Robert H., Robertson William O. (1988), "Manual de Toxicología Clínica: prevención, diagnóstico y tratamiento", Editorial Manual Moderno, 6a edición, México, 555 páginas.
- 5) Guía de Selección de Columnas Agilent J&W para CG, Agilent Technologies EE. UU., 2010
- 6) Francis Rouessac, (2004) "Análisis Químicos: Métodos y Técnicas Instrumentales Modernas: Teoría y Ejercicios Resueltos", Editorial Mc Graw Hill, Edición: 1ª, 441 páginas.
- 7) Arenas V. Miguel, Cisneros A. J. Victorino, "Cromatografía de Gases", Departamento de Producción Agrícola Animal.
- 8) McNair Harold M. , Miller James M. , (1998), "Basic Gas Chromatography", Editorial John Wiley & Sons, Inc., E.E.U.U., 194 pages.
- 9) Harris Daniel C., (2001), "Análisis Químico Cuántitativo" Ed. Reverté, 2da edición, España, 959 páginas.
- 10) Olguín Pérez Laura P., Rodríguez Magadán Héctor M. (2004, junio 8), "Métodos en Biotecnología: Cromatografía de Gases", Universidad Nacional Autónoma de México, págs. 44.
- 11) M. J. Freiría, A. Álvarez, R. A. Lorenzo, F. F. Racamonde, A. Rodríguez, (1998), "Aplicaciones de la técnica denominada espacio de cabeza (Headspace)", Revista Cubana de Química, España, Vol. X, N° 1-2, págs. 32-42.

- 12) Córdoba Darío P., (2006), "Toxicología", Editorial Manual Moderno, 5ta edición, Bogotá, 1044 páginas.
- 13) Calabuig Gisbert J. A., Villanueva Cañadas E., (2004), "Medicina Legal y Toxicología", Editorial Masson 6ª. Edición, Barcelona, 1416 páginas.
- 14) Katzung Bertram G., Masters Susan B., Trevor Anthony J., (2010), "Farmacología básica y clínica", McGraw-Hill Interamericana Editores, 11ª edición, México, 1232 páginas.
- 15) García Usieto Esther, Mendieta Caviedes Silvia, Cervera Martínez Gaspar, Fernández Hermida José Ramón (2003), "Manual SET de Alcoholismo", Editorial Médica Panamericana, 1ª edición, Madrid, 654 páginas.
- 16) Ries Richard K., Fiellin David A., Miller David A., Saitz Richard, (2009), "Principles of Addiction Medicine", Lippincott Williams & Wilkins a Wolters Kluwer business, Fourth Edition, USA, 1408 pages.
- 17) Lorenzo Fernández Pedro, Ladero Quesada José Ma., Leza Cerro Juan Carlos, Lizasoain Hernández Ignacio, (2009), "Drogodependencias: Farmacología, Patología, Psicología, Legislación", Editorial Médica Panamericana, 3ra edición, Madrid, 725 páginas.
- 18) Waters Brenda L., (2009) "Handbook of Autopsy Practice", Human Press, Fourth Edition, USA, 596 pp.
- 19) Bandrés Hernández Sara, Arroyo González Marta (2008), "Análisis de la doctrina judicial respecto de la relación entre consumo de alcohol y accidentes de trabajo", Universidad Europea de Madrid, 94 páginas.
- 20) Vargas Alvarado Eduardo, (2010), "Medicina Legal", Editorial Trillas, 3ra edición, México, 505 pág.
- 21) Fernández Pérez Ramón, (1988), "Elementos Básicos de Medicina Forense", Editorial Méndez Cervantes, 6ta edición, México, 408 págs.
- 22) Trujillo Nieta Gil A, (2002), "Medicina Forense", El manual moderno, México 286 págs.
- 23) Koolman Jan, Röhm Klaus Heinrich, (2004) "Bioquímica: texto y atlas", Editorial Médica Panamericana, 3era edición, Madrid, 492 páginas.

- 24)** Díaz Portillo J, Fernández del Barrio M. T., Parede Salido F., (1997) “Aspectos Básicos de Bioquímica Clínica, Ediciones Díaz de Santos S.A., 1era edición, España, 304 páginas.
- 25)** Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos -Clasificación y especificaciones de manejo.
- 26)** Hoyos Medina E., “El Alcohol Etilico: Sus Fórmulas de Cálculo y Predicción”. Revista de Química Forense del Instituto Jalisciense de Ciencias Forenses. 5-9 páginas.
- 27)** Klaassen Curtis D., Watkins III John B., (2006) “Fundamentos de Toxicología”, Editorial Mc. Graw Hill Interamericana, 1era edición, México D.F.
- 28)** Rubinson Judith E, Rubinson Kenneth A, (2000), “Química Analítica Contemporánea”, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, 1era edición, México, 644 páginas.
- 29)** Procuraduría General de la República, Química Forense, disponible en <http://www.pgr.gob.mx/combate%20a%20la%20delincuencia/Servicios%20Periciales/Especializacion%20de%20servicios%20periciales/Quimica%20Forense.asp>, domingo 15 de abril del 2013, 20:00 horas.
- 30)** Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal disponible en: <http://www.pgjdf.gob.mx/index.php/procuraduria/procuraduria/estadisticas/periodoactual2012>, domingo 22 de junio del 2014, 13:04 horas.
- 31)** Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (CONAPRA) [http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Observatorio\\_Nacional\\_Lesiones.html](http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Observatorio_Nacional_Lesiones.html), domingo 22 de junio del 2014, 13:04 horas.

## CAPÍTULO VIII ANEXOS

**Tabla 18. Efectos clínicos del etanol**

Concentración de alcohol en sangre	Etapa	Clínica
10-50mg/(100mL)	Sobriedad	El comportamiento es casi normal a la observación natural. Las manifestaciones llamativas aparecen con niveles superiores a 50mg/(100mL)
30-120mg/(100mL)	Euforia	Hay leve euforia, sociabilidad; locuacidad. Aparente confianza en sí mismo aumentada. Inhibiciones disminuidas, lo mismo que la atención, el juicio y el control. <i>Hay incapacidad para conducir un automóvil.</i>
90-250mg/(100mL)	Excitación	Hay inestabilidad emocional; inhibiciones disminuidas. Propensión a dependencias, sentimentalismos y situaciones irracionales. Pérdida del juicio crítico. Deterioro de la memoria y la comprensión. <i>Hay incapacidad para reaccionar ante un peligro inminente. Hay automatismo</i>
180-300mg/(100mL)	Confusión	Hay desorientación, confusión mental, mareo; exageración de los estados emocionales. <i>Comportamiento que perturba la tranquilidad pública.</i>
270-400mg/(100mL)	Estupor	Hay apatía, inercia general, somnolencia. <i>Incoordinación muscular acentuada. Incapacidad para mantenerse de pie o caminar.</i>
350-500mg/(100mL)	Coma	Hay inconsciencia incompleta; coma; anestesia. Disnea, choque y <i>posibilidad de muerte.</i>
450mg/(100mL) o más	Muerte	Se produce por <i>paro respiratorio</i> , una o 10 horas después de la ingesta de etanol.

(Vargas, 2010)

**Tabla 19. Intoxicación por alcohol etílico**

Concentración de alcohol en sangre		Etapa	Clínica
1mg/cm <sup>3</sup>	100mg%	Subclínica	Se manifiesta por euforia sin menoscabo de las actividades física y mental
1-1.5mg/cm <sup>3</sup>	100-150mg%	Estimuladora	Además de cuadro eufórico se presenta crisis histérica, algunos intoxicados lloran, a otros les da por actuar, discutir.
2-3mg/cm <sup>3</sup>	200-300mg%	Confusión	Hay disminución de las actividades físicas y mentales, se presenta dificultad para articular palabras, mantener el equilibrio al caminar, sensación de vértigo, zumbido de oídos.
3-4mg/cm <sup>3</sup>	300-400mg%	Obnubilación	Se manifiesta por lenguaje incoherente, marcha difícil acompañada de caídas frecuentes, disminución de agudeza visual, visión doble borrosa, escritura prácticamente ilegible, respiración y pulsos acelerados.
4-5mg/cm <sup>3</sup>	400-500mg%	Comatosa	El individuo se encuentra inconsciente con reflejos abolidos, hipotensión arterial e hipotermia, presenta relajación de esfínteres, bradipnea, cianosis de la cara, sudoración fría y pegajosa.
de 6mg/cm <sup>3</sup>	de 600mg%	Muerte	Se presenta edema pulmonar agudo secundario a asfixia por sofocación, estado de choque y paro cardiorespiratorio.

*(Trujillo, 2002)*

**Tabla 20. Curso de la intoxicación alcohólica**

<b>Concentración de alcohol en sangre</b>	<b>Sangre</b>	<b>Orina</b>	<b>Clínica</b>
10-50mg%	0.01-0.05%	0.01-0.07	No hay influencia aparente. Conducta casi normal por observación ordinaria.
50-100mg%	0.05-0.10%	0.07-0.14%	Euforia, menos inhibiciones y más aparente confianza en sí mismo. Sociabilidad. Inestabilidad emocional.
100-200mg%	0.10-0.20%	0.13-0.25%	Mala memoria y comprensión, incoordinación muscular, confusiones, incapacidad de juicios críticos y de manejar automóviles.
200-250mg%	0.20-0.25%	0.25-0.30%	Mala respuesta motora, dificultad en percibir el color, forma, movimiento y dimensiones, desorientación, confusión. Pérdida de inhibiciones, peleas sentimentales irrazonables, vértigo, temor, cólera, pesadumbre.
250-300mg%	0.25-0.30%	0.31-0.40%	Intoxicación aguda, embriaguez, diploidia, lenguaje cortado, el comportamiento perturba la tranquilidad y seguridad pública.
300-400mg%	0.30-0.40%	0.40-0.50%	Apatía, inercia general, insensibilidad, temblores, cese de movimientos automáticos, sudoración, dilatación de capilares superficiales, incapacidad de ponerse de pie o caminar, vómito, incontinencia al orinar y heces, somnolencia, comienzo de parálisis, empeora el estado consiente, estupor, coma.
400-500mg%	0.40-0.50%	0.50-0.61%	Arreflexia o hiporreflexia, hipotermia, inconciencia, coma en la mayoría de los casos, disnea, colapso circulatorio, shock, muerte posible por parálisis respiratoria.
500mg%	0.50%	0.62%	Límite letal.

(Fernández, 1988)

**Tabla 21. What are the effects of alcohol (ethanol) intoxication? Physiologic effects: blood-alcohol**

Concentration		Stage of Alcoholic Influence	Clinical Signs/Symptoms
g/Dl	mg%		
0.01-0.05	10-50	Subclinical	No apparent influence. Behavior nearly normal by ordinary observation. Slight changes detectable by special tests.
0.03-0.12	30-120	Euphoria	Decreased inhibitions. Increased self-confidence. Diminution of attention, judgment, and control. Beginning of sensory-motor impairment. Slowed information processing. Loss of efficiency in finer performance tests.
0.09-0.25	90-250	Excitement	Emotional instability; loss of critical judgment. Impairment of perception, memory, and comprehension. Decreased sensory response; increased reaction time. Reduced visual acuity, peripheral vision, and glare recovery. Sensory-motor incoordination; impaired balance. Drowsiness.
0.18-0.30	180-300	Confusion	Disorientation, mental confusion; dizziness. Exaggerated emotional states (e.g., fear, rage, sorrow). Disturbances of vision (e.g., diplopia) and of perception of color, form, motions, dimensions. Increased pain threshold. Increased muscular incoordination; staggering gait; slurred speech. Apathy; lethargy.
0.25-0.40	250-400	Stupor	General inertia; approaching loss of motor function. Markedly decreased response to stimuli. Marked muscular incoordination; inability to stand or walk. Vomiting; incontinence of urine and feces. Impaired consciousness; sleep or stupor.
0.35-0.50	350-500	Coma	Complete unconsciousness; coma; anesthesia. Depressed or abolished reflexes. Subnormal temperature. Incontinence of urine and feces. Impairment of circulation and respiration. Possible death.
0.45+	+450	Death	Death from respiratory arrest.

(Waters, 2009)

**Tabla 22. Efectos del alcohol en la conducción de vehículos según el grado de alcoholemia**

Alcoholemia		Manifestaciones
g/l	mg%	
0.3 a 0,5	30 a 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Excitabilidad emocional</li> <li>▪ Disminución de la agudeza mental y de la capacidad de juicio</li> <li>▪ Relajación y sensación de bienestar</li> <li>▪ Deterioro de los movimientos oculares</li> </ul>
0,5 a 0,8	50 a 80	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reacción general enlentecida</li> <li>▪ Alteraciones en los reflejos</li> <li>▪ Comienzo de la perturbación motriz</li> <li>▪ Euforia en el conductor, distensión y bienestar</li> <li>▪ Tendencia a la inhibición emocional</li> <li>▪ Comienzo de la impulsividad y agresividad al volante</li> </ul>
0,8 a 1,5	80 a 150	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estado de embriaguez importante</li> <li>▪ Reflejos muy perturbados y lentificación de las respuestas</li> <li>▪ Pérdida de control preciso de los movimientos</li> <li>▪ Problemas serios de coordinación</li> <li>▪ Dificultades de concentración de la vista</li> <li>▪ Disminución notable de la vigilancia y percepción del riesgo</li> </ul>
1.5 a 2,5	150 a 250	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Embriaguez neta con posibles efectos narcóticos y confusión</li> <li>▪ Cambios conductuales imprevisibles: agitación psicomotriz</li> <li>▪ Fuertes perturbaciones psicosensoriales, notable confusión mental</li> <li>▪ Vista doble y actitud titubeante</li> </ul>
> de 3	> de 300	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Embriaguez profunda</li> <li>▪ Estupor con analgesia y progresiva inconsciencia</li> <li>▪ Abolición de los reflejos, parálisis e hipotermia</li> <li>▪ Puede desembocar en coma</li> </ul>

*(García et al, 2003)*

## TABLA GENERAL DE MUESTRAS ANALIZADAS

#	I FIS	II SEC	III DEL	IV MES	V EDAD	VI GEN	VII MUE	VIII OCU	IX MGP	X HORA
1	2	21	7	5	4	2	2	4	28,43	4
2	2	22	13	12	5	2	1	2	386,39	1
3	2	22	13	11	5	2	2	4	57,38	5
4	2	22	13	3	4	2	4	4	40,13	13
5	2	24	13	1	3	2	1	6	150,31	3
6	2	22	13	6	4	2	1	6	173,18	1
7	2	21	13	4	4	2	1	6	179,70	3
8	2	24	13	2	6	1	1	6	4,55	9
9	2	21	14	5	4	2	2	3	5,95	11
10	2	21	14	1	4	2	2	4	63,18	5
11	3	31	7	7	4	1	2	3	61,74	5
12	3	32	7	3	5	2	2	3	248,47	5
13	3	32	13	7	5	1	2	2	10,91	3
14	3	33	13	4	4	2	1	3	100,07	1
15	3	34	13	4	4	2	1	6	246,05	1
16	3	32	13	4	4	1	1	6	5,89	8
17	3	34	13	5	5	2	1	6	198,81	9
18	3	33	13	5	6	2	1	6	243,87	10
19	3	32	14	11	4	2	2	6	223,94	3
20	3	31	15	5	5	2	2	3	23,58	4
21	3	31	15	7	4	2	2	4	12,87	7
22	3	32	21	6	4	2	2	2	182,55	5
23	3	32	21	6	5	2	1	4	111,06	2
24	3	31	21	12	4	2	2	6	30,51	13
25	4	43	6	7	3	2	2	4	84,14	13
26	4	43	7	5	4	2	2	3	164,01	4
27	4	41	7	7	5	2	2	3	344,79	3
28	4	41	7	4	5	2	2	4	137,50	4
29	4	44	13	12	3	1	1	6	125,93	1
30	4	45	13	7	4	2	1	6	121,55	1
31	4	43	13	4	4	2	1	6	7,22	5
32	4	45	13	6	5	2	1	6	7,94	9
33	4	41	13	6	6	2	1	6	8,01	9
34	4	42	13	7	6	2	1	6	5,19	9
35	4	45	14	12	4	2	2	3	105,17	6
36	4	41	14	4	5	2	2	3	7,53	4
37	4	43	14	6	4	2	2	5	23,53	9
38	4	42	15	5	5	2	1	3	16,70	6

39	4	41	15	12	4	2	2	6	69,11	4
40	4	44	21	1	4	2	2	4	291,67	4
41	6	68	7	12	4	2	1	3	27,24	7
42	6	68	7	7	4	2	2	3	189,41	4
43	6	68	13	1	4	2	1	4	81,14	9
44	6	62	13	12	5	2	1	5	82,81	1
45	6	61	13	4	2	2	1	6	12,93	1
46	6	63	13	5	4	2	1	6	357,31	2
47	6	64	13	7	4	2	1	6	79,28	2
48	6	68	13	2	4	1	1	6	32,93	2
49	6	64	13	5	4	2	1	6	7,86	9
50	6	68	13	4	4	2	1	6	238,46	9
51	6	61	13	5	5	2	1	6	32,46	1
52	6	64	13	1	5	2	1	6	108,48	9
53	6	62	13	6	6	2	1	6	98,26	10
54	6	68	14	1	3	2	1	3	72,54	1
55	6	67	14	5	4	2	2	3	8,69	6
56	6	68	14	3	4	2	2	3	5,76	8
57	6	65	15	5	4	1	2	3	10,46	10
58	6	67	15	12	5	1	2	3	8,83	5
59	6	65	15	11	4	2	2	6	8,46	6
60	6	61	15	6	4	2	2	6	56,86	7
61	6	64	21	1	4	2	2	4	15,16	6
62	13	131	2	4	5	2	2	2	9,74	4
63	13	132	2	1	4	2	2	3	46,69	3
64	13	136	2	7	5	2	2	3	92,71	3
65	13	132	2	11	4	2	2	4	5,32	13
66	13	133	2	1	5	2	2	4	20,85	6
67	13	136	2	4	5	2	2	5	129,19	5
68	13	137	2	1	3	1	2	6	83,20	3
69	13	131	2	6	4	2	2	6	303,80	1
70	13	136	2	2	4	2	2	6	199,69	3
71	13	135	2	6	4	2	2	6	51,13	5
72	13	136	2	2	4	1	2	6	67,87	6
73	13	137	2	5	4	2	2	6	317,13	6
74	13	131	2	1	4	2	2	6	106,97	9
75	13	131	2	1	4	1	2	6	73,07	9
76	13	135	2	2	4	2	2	6	420,10	13
77	13	133	2	2	5	2	2	6	209,85	9
78	13	131	2	1	6	2	2	6	185,66	6
79	13	134	6	11	3	1	2	5	112,25	7
80	13	134	6	11	4	1	2	5	64,24	7

81	13	136	8	11	4	2	2	4	157,10	7
82	13	132	8	11	3	2	2	6	67,07	9
83	13	136	8	1	3	1	2	6	74,53	10
84	13	132	8	11	3	1	2	6	165,77	13
85	13	136	8	11	3	1	2	6	25,66	13
86	13	132	8	11	3	2	2	6	98,39	13
87	13	137	8	12	4	2	2	6	5,52	8
88	13	132	8	2	4	2	2	6	27,20	10
89	15	156	6	3	3	1	2	6	65,69	4
90	15	157	7	3	4	2	2	5	11,34	6
91	15	153	7	11	4	2	2	6	7,10	6
92	15	152	7	7	4	2	2	6	84,80	7
93	15	155	13	2	3	2	1	1	88,55	1
94	15	157	13	4	6	2	1	2	236,39	3
95	15	152	13	11	4	2	1	3	213,55	1
96	15	152	13	5	5	2	1	3	165,00	9
97	15	151	13	7	3	2	1	6	27,48	1
98	15	156	13	3	3	2	1	6	9,32	2
99	15	151	13	12	4	2	1	6	28,34	1
100	15	156	13	12	4	2	1	6	115,32	1
101	15	155	13	2	4	2	1	6	6,19	3
102	15	154	13	3	4	2	1	6	37,52	4
103	15	155	13	2	5	2	1	6	118,80	1
104	15	151	13	11	5	2	1	6	4,61	6
105	15	157	13	6	5	1	1	6	4,72	10
106	15	156	13	5	6	1	1	6	24,29	9
107	15	151	13	6	4	1	4	6	8,02	10
108	15	156	14	11	3	2	2	1	17,54	7
109	15	154	14	11	4	1	2	3	29,88	6
110	15	156	14	2	4	2	2	3	346,06	13
111	15	156	14	11	4	2	1	4	107,94	8
112	15	152	15	6	4	2	2	6	4,39	7
113	15	151	18	6	3	2	2	2	34,71	7
114	15	151	18	6	4	2	2	3	37,65	7
115	15	154	21	12	4	2	2	2	31,81	13
116	16	162	7	6	4	2	2	6	11,53	8
117	16	162	13	12	4	2	1	4	154,00	2
118	16	162	13	11	4	2	2	4	9,53	4
119	16	163	13	6	3	1	1	6	23,45	1
120	16	164	13	5	3	2	1	6	56,89	1
121	16	163	13	11	4	2	1	6	237,25	1
122	16	162	13	11	4	1	1	6	4,60	2

123	16	163	13	12	4	2	1	6	271,62	2
124	16	161	13	12	4	2	1	6	12,67	8
125	16	163	13	11	5	2	1	6	89,51	1
126	16	161	13	2	5	2	1	6	19,81	9
127	16	163	13	5	5	2	1	6	4,30	9
128	16	164	13	6	5	2	1	6	4,57	9
129	16	163	13	1	5	2	1	6	217,72	10
130	16	165	13	6	5	2	1	6	4,44	10
131	16	163	13	5	6	2	1	6	13,28	9
132	16	162	13	2	6	1	1	6	6,91	10
133	16	162	13	12	4	1	2	6	96,09	6
134	16	164	14	4	4	2	1	1	139,65	2
135	16	164	14	6	3	2	2	4	24,92	13
136	16	163	14	2	4	2	2	4	201,40	5
137	16	162	14	12	4	2	1	5	11,59	6
138	16	162	14	12	4	1	1	6	9,82	1
139	16	164	14	11	4	2	1	6	20,96	4
140	16	164	15	4	3	2	2	2	25,95	3
141	16	164	15	4	3	2	2	4	42,92	3
142	17	172	13	12	3	2	1	3	136,54	1
143	17	172	13	6	4	1	1	6	8,45	10
144	17	173	13	4	5	2	4	6	8,09	9
145	17	172	14	1	4	2	1	6	60,03	1
146	18	186	6	3	3	1	1	1	93,01	5
147	18	188	7	5	5	2	2	3	67,09	5
148	18	182	7	5	4	2	2	4	8,82	7
149	18	188	13	5	3	2	2	1	9,52	3
150	18	186	13	2	4	2	1	3	162,22	2
151	18	182	13	3	4	2	2	3	17,65	7
152	18	187	13	2	4	2	2	3	25,97	10
153	18	189	13	3	4	2	1	4	95,12	10
154	18	188	13	3	5	2	1	4	6,02	2
155	18	186	13	6	3	2	1	6	5,70	1
156	18	182	13	7	3	2	1	6	11,66	9
157	18	183	13	12	4	2	1	6	320,43	1
158	18	184	13	3	4	2	1	6	76,62	1
159	18	184	13	7	4	2	1	6	19,96	1
160	18	187	13	2	4	2	1	6	204,56	1
161	18	184	13	12	4	2	1	6	165,55	2
162	18	188	13	1	4	2	1	6	99,31	9
163	18	188	13	1	4	2	1	6	6,73	9
164	18	189	13	5	4	2	1	6	190,78	9

165	18	186	13	1	4	2	1	6	5,14	10
166	18	183	13	7	5	2	1	6	13,05	3
167	18	182	13	3	5	2	1	6	550,12	9
168	18	185	13	4	5	2	1	6	61,10	9
169	18	189	13	6	5	1	1	6	217,56	9
170	18	186	13	4	5	2	1	6	208,89	10
171	18	188	13	2	6	2	1	6	149,75	3
172	18	186	13	5	6	2	1	6	201,20	10
173	18	182	14	3	4	2	1	3	7,47	5
174	18	184	14	3	4	2	2	3	113,87	3
175	18	185	14	1	4	2	2	3	20,37	5
176	18	182	14	3	4	2	2	3	158,71	6
177	18	184	14	12	4	2	2	3	75,16	7
178	18	189	14	11	5	2	2	3	14,21	3
179	18	185	14	5	5	2	2	4	16,61	6
180	18	182	14	3	4	2	2	5	272,45	4
181	18	183	15	2	5	2	2	4	351,51	2
182	18	186	15	2	5	2	2	4	221,44	3
183	18	187	21	1	4	2	2	4	120,34	4
184	20	204	7	2	4	2	2	3	251,26	3
185	20	202	13	4	4	2	1	5	57,65	8
186	20	201	13	7	3	2	1	6	79,57	1
187	20	202	13	4	4	2	1	6	152,94	2
188	20	202	13	4	4	2	1	6	325,70	8
189	20	201	13	11	4	2	1	6	231,65	11
190	20	201	13	11	4	2	1	6	267,66	11
191	20	205	13	11	5	2	1	6	61,30	2
192	20	202	13	12	4	2	4	6	96,10	8
193	20	205	14	6	4	2	2	3	193,15	3
194	20	205	14	12	4	2	2	3	66,88	10
195	20	204	14	11	5	2	2	6	5,46	9
196	22	221	13	2	4	2	1	2	35,84	11
197	22	222	13	1	4	2	1	3	66,00	2
198	22	222	13	12	4	2	1	6	149,27	2
199	22	222	13	5	5	2	1	6	308,90	1
200	22	222	13	6	2	1	4	6	26,31	9
201	22	221	13	7	4	2	4	6	81,90	9
202	22	221	14	7	4	2	2	3	47,86	10
203	22	221	21	3	4	2	2	4	5,20	13
204	23	234	13	2	4	1	2	2	56,50	6
205	23	233	13	1	4	1	1	3	62,32	3
206	23	233	13	4	4	2	1	3	162,73	9

207	23	234	13	2	4	2	1	4	191,04	1
208	23	233	13	11	4	2	1	4	114,10	7
209	23	231	13	7	4	1	1	6	7,24	3
210	23	232	13	12	4	2	1	6	6,08	13
211	23	232	13	4	5	2	1	6	262,73	1
212	23	232	13	6	5	2	1	6	4,58	9
213	23	231	13	11	6	1	1	6	5,22	9
214	23	231	13	3	6	2	1	6	40,65	10
215	23	233	14	7	4	1	2	3	38,58	6
216	23	233	14	3	4	2	2	5	228,40	4
217	23	232	14	2	4	2	2	6	11,86	5
218	23	233	15	6	3	2	2	1	14,21	6
219	23	231	21	5	4	2	4	6	13,64	11
220	24	243	7	3	4	2	2	3	41,01	8
221	24	242	7	12	4	2	2	4	10,91	13
222	24	243	7	1	4	2	2	5	75,00	5
223	24	245	7	1	4	2	2	6	144,92	3
224	24	243	13	3	3	2	1	6	232,34	1
225	24	243	13	4	3	2	1	6	7,90	2
226	24	243	13	12	4	2	1	6	61,67	3
227	24	243	13	3	4	1	1	6	149,51	9
228	24	245	13	1	4	2	1	6	5,20	9
229	24	241	13	3	4	2	1	6	102,73	10
230	24	243	13	7	4	2	1	6	4,54	10
231	24	243	13	7	5	2	1	6	53,93	1
232	24	243	13	6	5	2	1	6	6,16	10
233	24	243	13	2	6	1	1	6	7,88	3
234	24	243	13	7	6	1	1	6	5,89	9
235	24	243	13	2	4	2	4	6	161,22	10
236	24	243	14	2	4	1	2	2	8,74	6
237	24	241	14	7	4	2	2	3	4,35	5
238	24	243	14	5	4	2	2	4	213,58	3
239	24	242	14	1	4	2	2	4	109,42	8
240	24	245	21	6	4	2	2	2	4,83	8
241	24	245	21	3	4	2	2	4	101,97	5
242	24	242	21	3	5	2	2	5	7,71	6
243	25	252	7	4	3	2	2	1	27,68	11
244	25	251	7	11	6	2	2	3	149,49	7
245	25	252	13	2	3	2	2	1	150,31	3
246	25	252	13	2	3	2	2	1	7,93	4
247	25	252	13	2	3	1	2	1	15,08	4
248	25	252	13	2	3	1	2	1	38,80	4

249	25	251	13	4	4	2	1	3	193,31	1
250	25	252	13	6	5	2	1	4	240,08	9
251	25	251	13	1	3	2	1	6	42,05	9
252	25	252	13	5	5	2	1	6	56,73	2
253	25	252	14	2	4	1	2	3	4,07	8
254	25	252	14	3	4	2	2	4	55,57	7
255	25	252	14	3	4	2	2	6	25,67	7

## I – FISCALIAS

Las Fiscalías (FIS) corresponden al número I romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números del 1 – 25, dependiendo del sitio del Distrito Federal donde sucedió el evento.

<b>FISCALIAS DESCONCENTRADAS (FIS)</b>	<b>NÚMERO ASIGNADO</b>
Agencia Especializada del Menor (57a y 59a)	1
Álvaro Obregón (AO)	2
Azcapotzalco (AZ)	3
Benito Juárez (BJ)	4
Coyoacán (COY)	5
Cuauhtémoc (CUH)	6
Cuajimalpa( CUJ)	7
Fiscalía Desconcentrada de Investigación en Agencias de Atención Especializadas a Usuarios del Sistema de Transporte Colectivo Metro (FAAE/STCM)	8
Fiscalía Central de Investigación para Asuntos Especiales (FAE)	9
FAM	10
Fuerza Antisecuestro (FAS)	11
Fiscalía Central de Investigación para Homicidios (FCIH)	12
Fiscalía de Delitos Sexuales (FDS)	13
Fiscalía Central de Investigaciones para el Robo de Vehículos y Transporte del Distrito Federal (FRVT)	14
Gustavo A. Madero (GAM)	15
Hospital (H)	16
Iztacalco (IZC)	17
Iztapalapa (IZP)	18
Magdalena Contreras (MC)	19
Miguel Hidalgo (MH)	20

Milpalta (MIL)	21
Tláhuac (TLH)	22
Tlalpan (TLP)	23
Venustiano Carranza (VC)	24
Xochimilco (XO)	25

## II – SECTOR

El Sector (SEC) corresponde al número II romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde cada número pertenece a los diferentes Sectores existentes dentro de cada Fiscalía en el Distrito Federal.

SECTOR (SEC)	NÚMERO ASIGNADO
57a	11
59a	12
AO-1	21
AO-2	22
AO-3	23
AO-4	24
AZ-1	31
AZ-2	32
AZ-3	33
AZ-4	34
BJ-1	41
BJ-2	42
BJ-3	43
BJ-4	44
BJ-5	45
COY-1	51
COY-2	52
COY-3	53
COY-5	54
CUH-1	61
CUH-2	62
CUH-3	63
CUH-4	64
CUH-5	65
CUH-6	66
CUH-7	67
CUH-8	68
CUJ-1	71
CUJ-2	72
FAAE/STCMP	81
FAAE/STCMZV	82
FAE	91
FAM	101
FAS	111
FCIH	121
FDS-1	131
FDS-2	132
FDS-3	133
FDS-3/2	134
FDS-4	135
FDS-5	136
FDS-6	137
FRVT	141
GAM-1	151
GAM-2	152
GAM-3	153
GAM-4	154
GAM-5	155
GAM-6	156
GAM-8	157
H-1	161
H-2	162

H-3	163	MH-3	203
H-4	164	MH-4	204
H-5	165	MH-5	205
IZC-1	171	MIL-1	211
IZC-2	172	MIL-2	212
IZC-3	173	TLH-1	221
IZP-1	181	TLH-2	222
IZP-2	182	TLH-3	223
IZP-3	183	TLP-1	231
IZP-4	184	TLP-2	232
IZP-5	185	TLP-3	233
IZP-6	186	TLP-4	234
IZP-7	187	VC-1	241
IZP-8	188	VC-2	242
IZP-9	189	VC-3	243
IZP-10	1810	VC-4	244
MC-1	191	VC-5	245
MC-2	192	XO-1	251
MH-1	201	XO-2	252
MH-2	202		

### III – DELITO

El Delito (DEL) corresponden al número III romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números del 1 – 26, dependiendo del delito cometido por los sujetos evaluados en el Distrito Federal.

DELITO (DEL)	NÚMERO ASIGNADO
ABORTO	1
ABUSO	2
AMENAZA	3
ATAQUES	4
CONTRA EL EJERCICIO LEGITIMO	5
CORRUPCIÓN	6
DAÑO A LA PROPIEDAD	7
DENUNCIA DE HECHOS	8
ENCUBRIMIENTO	9
FALSIFICACION	10

FEMINICIDIO	11
FRAUDE	12
HOMICIDIO	13
LESIONES	14
LESIONES Y DAÑO A LA PROPIEDAD	15
LESIONES Y HOMICIDIO	16
LESIONES Y TENTATIVA	17
PORTACIÓN	18
PREVARIACION	19
PRIVACIÓN	20
ROBO	21
ROBO Y DAÑO A LA PROPIEDAD	22
TENTATIVA	23
VIOLACIÓN	24
VIOLACIÓN Y ROBO	25
VIOLENCIA	26

#### IV – MES

El Mes (MES) corresponde al número IV romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde les fueron asignados los números del 1 – 12, dependiendo del mes en el que se evaluaron los diferentes eventos.

MES	NÚMERO ASIGNADO
Enero	1
Febrero	2
Marzo	3
Abril	4
Mayo	5
Junio	6
Julio	7
Agosto	8
Septiembre	9
Octubre	10
Noviembre	11
Diciembre	12

## V – EDAD

La Edad (EDAD) corresponde al número V romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números del 1 – 6, dependiendo del rango de edades o etapa de la vida de los sujetos involucrados.

ETAPA	RANGO DE EDAD	NÚMERO ASIGNADO
INFANCIA	0 - 2	1
NIÑEZ	03 - 12	2
ADOLESCENCIA	13 - 20	3
ADULTO JOVEN	21 - 40	4
ADULTO	41 - 60	5
ADULTO MAYOR	> 60	6

## VI – GÉNERO

El Género (GEN) corresponde al número VI romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números 1 o 2, dependiendo de si el sujeto era femenino o masculino.

GENERO (GEN)	NÚMERO ASIGNADO
FEMENINO	1
MASCULINO	2

## VII – MUESTRA

El tipo de Muestra (MUE) corresponde al número VII romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números del 1 – 5, dependiendo de la muestra obtenida y/o proporcionada por los sujetos evaluados.

MUESTRA (MUE)	NÚMERO ASIGNADO
SANGRE	1
ORINA	2
MÚSCULO	3
HÍGADO	4
FRAGMENTO DE PLACENTA	5

## VIII – OCUPACIÓN

El tipo de Ocupación (OCU) corresponde al número VIII romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números del 1 – 6, dependiendo del tipo de ocupación que tenían los sujetos evaluados.

<b>OCUPACIÓN (OCU)</b>	<b>NÚMERO ASIGNADO</b>
ESTUDIANTES	1
DESEMPLEADOS	2
EMPLEADOS ASALARIADOS	3
EMPLEADOS INDEPENDIENTES	4
EMPLEADOS NO ASALARIADOS	5
JUBILADOS	6

## IX – MILIGRAMOS PORCIENTO

Corresponde a los miligramos por ciento (MGP) obtenidos de cada muestra.

## X – HORA

La Hora corresponde al número X romano en la tabla general de las muestras analizadas, donde se les asignó los números del 1 – 13, que indican el tiempo transcurrido cada dos horas, siendo el 13 un tiempo mayor a 24 horas.

<b>NÚMERO ASIGNADO</b>	<b>HORAS TRASCURRIDAS</b>
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10
6	12
7	14
8	16
9	18
10	20
11	22
12	24
13	> 24