

ESTUDIO SOBRE LAS DISOLUCIONES. ALCOHOLEMIA

Interés de la situación planteada

El alcohol es uno de los factores de riesgo que aparece con mayor frecuencia en los accidentes de tráfico, hasta el punto de que se encuentra presente entre el 30% y 50% de los accidentes mortales¹.

Lamentablemente, el consumo de alcohol está muy generalizado en nuestra sociedad, causando numerosas patologías de carácter grave, además de accidentes laborales, domésticos o de tráfico. Esta generalización del consumo ha llegado a producir lo que ya se denomina el “consumidor social”, esto es, personas que habitualmente o de forma esporádica consumen bebidas alcohólicas en situaciones sociales como celebraciones, comidas de trabajo o, simplemente, reuniones informales entre colegas y amigos. En estas ocasiones, son muchas las personas que no llegan a ser conscientes de que, aunque no lleguen a emborracharse, están realizando un consumo de riesgo².

La mayor parte de nosotros hemos sido en alguna ocasión “consumidores sociales” y también, en ocasiones, hemos cogido un vehículo, sea coche, moto o bicicleta, después de consumir. ¿Cuál es la pregunta que deberíamos habernos hecho, antes de ponernos a conducir el vehículo?

3. ¿Cuántas copas de licor puede tomar como máximo un conductor sin llegar a ser un peligro para la circulación?

Factores a tener en cuenta para entender mejor la situación planteada

El alcohol no es transformado por los jugos digestivos del estómago como ocurre con los alimentos, sino que pasa a la sangre, que lo distribuye entre los diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano, siendo metabolizado (quemado) en el hígado. El alcohol que se encuentra en los tejidos produce efectos anestésicos en el sistema nervioso central con una intensidad que depende de varios factores (masa corporal, etc.).



En el hígado, el alcohol se transforma en dióxido de carbono y agua a una cierta velocidad. Sin embargo, cuando la cantidad de alcohol ingerido es superior a las posibilidades metabólicas normales del hígado, este ha de ser destruido por otras vías. Dichas vías son peligrosas porque implican la destrucción de células y contribuyen a que el organismo se habitúe a cantidades mayores de alcohol pudiendo crear dependencia.

La alcoholemia es la cantidad de alcohol que hay en la sangre después de ingerir una bebida alcohólica. Esa cantidad es proporcional a la cantidad de alcohol ingerida y a la graduación alcohólica de la bebida. Como es lógico, varía también dependiendo de otros factores como, por ejemplo, la masa corporal y el tiempo transcurrido desde la última consumición.

Planteamiento cualitativo

El problema planteado consiste en averiguar el número (**n**) de copas de licor, para que la sangre del conductor contenga la máxima concentración de alcohol permitida según la legislación vigente. Por ello, antes de proceder a su resolución conviene fijar las condiciones y las variables con las que vamos a trabajar.

¹ <https://www.dgt.es/muevete-con-seguridad/evita-conductas-de-riesgo/consumo-de-alcohol/>

² <https://estilosdevidasaludable.sanidad.gob.es/consumo/comoEmpezar/home.htm>

- Supondremos que cada persona absorbe en sangre por término medio una cierta cantidad en masa de alcohol por cada 100 g de alcohol ingerido. Al tanto por uno de esa cantidad lo llamaremos “**p**”.
- Designaremos como V_s el volumen medio (en litros) de sangre en el cuerpo humano. (Se trata del volumen total una vez absorbido todo el alcohol posible). V_s varía de unas personas a otras dependiendo de diversos factores. Si la persona es adulta, la variable más influyente en el valor de V_s es su masa corporal, m .
- Consideraremos que un conductor es un peligro para la circulación a partir del momento en que rebasa el máximo de concentración etanol en sangre permitido en las pruebas de alcoholemia, la cual designaremos como “ C_m ”.
- Admitiremos que el volumen de licor contenido en cada copa es constante y lo designaremos como V_c .
- Finalmente, hemos de tener en cuenta que la graduación de la bebida alcohólica también influirá. Designaremos este factor como “**g**” cuando se exprese en tanto por uno (en volumen). En general una graduación de, por ejemplo, 40° significa que cada 100 cm³ de licor contienen 40 cm³ de etanol. En este caso, g valdría 0’40.

Se trata, por tanto, de encontrar la relación existente entre el número de copas “ n ” y las variables porcentaje de alcohol en la sangre cuando se pone a conducir, volumen promedio de sangre existente en el cuerpo de una persona adulta, máxima concentración (en g/l), de etanol permitida legalmente en la sangre, volumen de licor ingerido en cada copa y graduación alcohólica de dicho licor.

Hipótesis

Dicha dependencia se puede expresar como $n = f(p, V_s, C_m, V_c, g)$ y, a igualdad de los restantes factores, cabe esperar que cuanto mayor sea V_s , mayor será el número de copas que la persona podrá beber sin llegar a alcanzar la tasa límite. Análogamente, si la tasa legal C_m fuese mayor, también sería mayor el número de copas posible. Por el contrario, ese número bajará cuando aumente la graduación, g , y/o el porcentaje, p , del alcohol ingerido que se absorbe en la sangre. Finalmente, como es lógico, si el volumen de las copas utilizadas fuese más pequeño, también aumentaría el número de copas que podría ingerir sin sobrepasar la tasa límite. Esquemáticamente:

$$n = f(p, V_s, C_m, V_c, g)$$

Estrategias de resolución y resolución

Para resolver el problema podemos expresar la masa máxima total de etanol en sangre permitida como el producto $C_m \cdot V_s$ y tratar de relacionar esta expresión con la obtenida a partir del alcohol ingerido con las n copas de licor.

Para poder calcular el etanol que se ingiere en cada copa es preciso determinar en primer lugar qué volumen de etanol puro hay en cada V_c litros de licor. Dado que la graduación alcohólica se refiere al porcentaje en volumen, el cálculo que se demanda exige que conozcamos la densidad d_e del etanol. De esta forma la masa en gramos de etanol en cada copa será:

$$(g \cdot V_c) \cdot d_e.$$

De modo que con n copas se habrá tomado una masa total de:

$$m = n \cdot g \cdot V_c \cdot d_e$$

De esa masa en gramos de etanol se absorberán en sangre un total de:

$$(p \cdot n \cdot g \cdot V_c \cdot d_e) \text{ gramos de etanol.}$$

Igualando la masa de etanol máxima permitida a la masa de etanol absorbida obtenemos:

$$C_m \cdot V_s = p \cdot n \cdot g \cdot V_c \cdot d_e$$

Finalmente, despejando el número de copas:

$$n: n = \frac{C_m \cdot V_s}{p \cdot d_e \cdot g \cdot V_c}$$

El resultado anterior es dimensionalmente homogéneo (en este caso no hay dimensiones en ninguno de los miembros de la igualdad). La concentración de alcohol en sangre se expresa en g/L y el volumen total medio de sangre en L (en el que supondremos incluido el etanol presente en la sangre), el porcentaje p es en masa, la densidad del etanol de en g/L, la graduación en porcentaje de etanol en volumen y el volumen de licor en L. Además, el resultado contempla todas las hipótesis de partida, así como los casos límite considerados.

Podemos, para terminar, dar unos valores numéricos lógicos con el fin de establecer de una manera aproximada una solución cuantitativa del problema.

Suponiendo $V_s = 6$ L, $C_m = 0.5$ g/L, $p = 0.20$, $d_e = 790$ g/L, $g = 0.40$ y $V_c = 0.05$ L, se puede obtener fácilmente que tomando solo una copa de ese licor ya se rebasaría el máximo permitido y se consideraría un peligro para la carretera.

En general, se suele considerar que el volumen medio de sangre en el cuerpo humano (en litros) es aproximadamente el 7 % de la masa corporal (expresada en kg). Utilizando esta aproximación, expresad el resultado literal anterior en función de la masa corporal "m", en lugar del volumen de sangre V_s .

Para cumplimentar lo que se pide basta expresar V_s como $V_s = 0.07 \cdot m$ y sustituir, con lo que el resultado literal anterior se transforma en:

$$n = \frac{C_m \cdot 0.07 \cdot m}{p \cdot d_e \cdot g \cdot V_c}$$

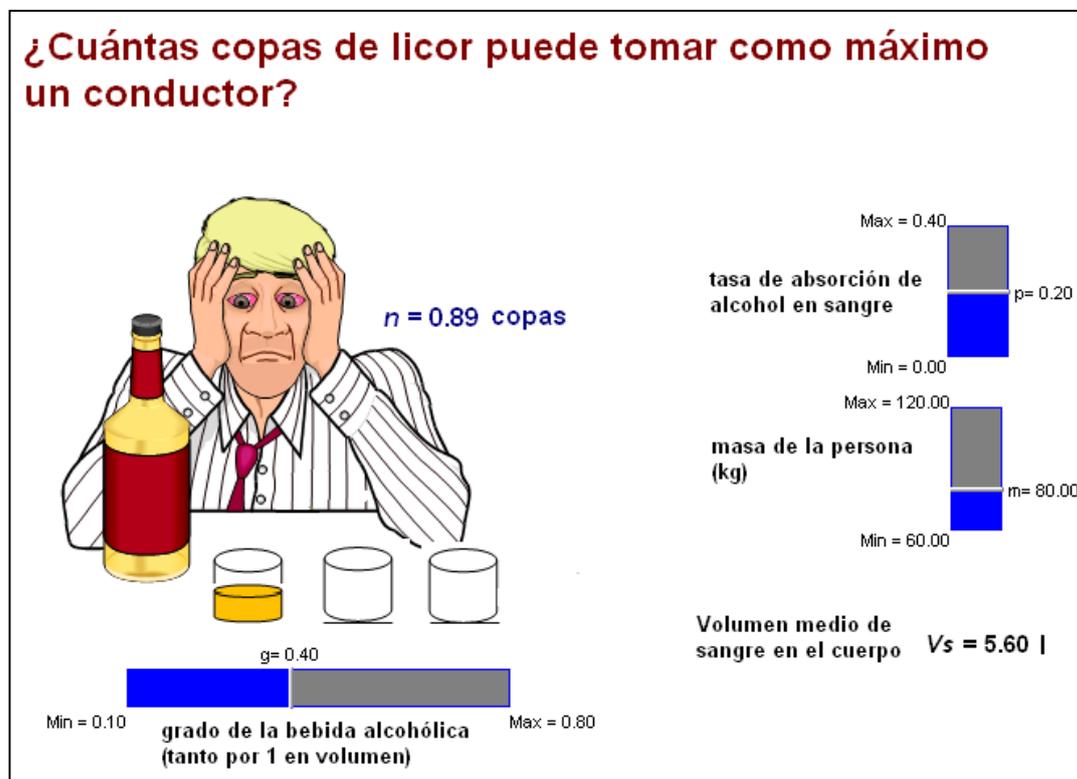
Utilizando los mismos valores numéricos que antes y suponiendo una persona de 80 kg, obtenemos: $n = 0.89$ copas, es decir, tomando solo una copa estaría rebasando la tasa legal permitida.

Refuerzo

Para reforzar los conceptos involucrados en este problema, se puede usar una animación *Modellus* que hemos elaborado sobre él. Simula un llenado progresivo de las copas de licor que una persona podrá ingerir hasta alcanzar el límite legal, por encima del cual vulneraría la ley si condujera. Entrando en la ventana de

las condiciones iniciales, se pueden modificar todos los parámetros y en la pantalla se dispone de tres controladores manuales para poder modificar ahí mismo los valores de la masa de la persona (cuyo valor, a su vez, determina el del volumen medio de sangre en su cuerpo), de su tasa de absorción de alcohol en la sangre y del grado de la bebida alcohólica.

La imagen siguiente muestra el resultado obtenido cuando los datos coinciden con los que hemos usado en esta resolución.



La animación y el programa para hacerla correr están disponibles en la página “Web de Materiales para la Enseñanza y la Divulgación de la Física”, de la Sección Local de Alicante de la RSEF. <http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm>