



Seminario de Química

EL BENCEO Y SU METABOLISMO EN EL SER HUMANO [^]

Marisol Moreno Lobatón ^{^^}

La interacción constante que se observa en gran parte los seres humanos con su mundo exterior (fáctico) y con otros seres vivos (microorganismos, animales, plantas) en las diferentes actividades que realiza debido a su profesión u oficio, lo exponen a estar en contacto directo o indirecto con sustancias químicas de bajo, medio o alto riesgo para la salud, que pueden originar enfermedades reversibles o irreversibles, es decir, curables; en donde es posible devolver o detener las reacciones químicas generadas o incurables, en donde no se podrían devolver ni detener los mecanismos de reacción producidos durante el desarrollo de la enfermedad.

Cuando se genera una alteración, a nivel estructural o funcional interna o externamente al cuerpo humano; esta se empieza a manifestar a través de una serie de síntomas, los cuales pueden indicar que el cuerpo se encuentra invadido por un "veneno", sustancia que sin obrar por acción mecánica, al ser puesta en contacto con elementos vivos, les produce alteraciones funcionales u orgánicas, transitorias o definitivas, incompatibles con la salud humana o la vida (Fabre R, 1976), y que por iguales explicaciones es también tóxico.

Las sustancias químicas que pueden intoxicar el organismo humano pueden *absorberse* por *vía digestiva* (cavidad bucal, vía dental), *cutánea*, por irritación local o bien por *disolución del tóxico en las capas lipídicas de la piel*; ya sea que este sana o no.

[^] Ponencia presentada en el Seminario de Química 2001

^{^^} Estudiante del Departamento de Química de la U. P. N.

El *benceno* (C_6H_6) es considerado como una sustancia orgánica, altamente tóxica y causante de cáncer en la sangre (la EPA e IARC lo clasifican como carcinógeno para el ser humano) a largo plazo, también, se encuentra dentro del grupo químico de los aromáticos, debido a su "olor o fragancia" y por que es termodinámicamente estable.

El benceno fue identificado y aislado por primera vez en 1825 por el científico inglés Michael Faraday en las tuberías del gas de alumbrado en Londres, al que inicialmente llamó "hidrógeno carburado"; en 1834 se demostró que su fórmula molecular era C_6H_6 pero hasta 1842 se descubrió su existencia en el alquitrán de hulla (carbón de piedra). Este es una mezcla compleja de compuestos orgánicos, sobre todo de hidrocarburos, fenoles y algunos compuestos del nitrógeno, azufre y oxígeno.

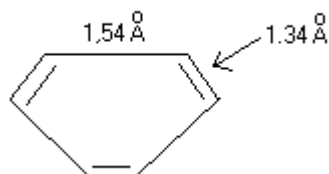
La molécula de benceno es simétrica, presenta un grado elevado de instauración, y es estable cinética y termodinámicamente (Stock L., 1977). La primera indica que es una sustancia poco reactiva y la segunda, que tiene un contenido energético menor del que teóricamente debería tener. Esta cantidad de energía puede determinarse utilizando los calores de combustión o de hidrogenación. Este tipo de estabilidad se puede explicar por las importantes interacciones de origen atractivo entre los núcleos y electrones que constituyen sus enlaces. Los datos mostrados en la *tabla 1* muestran una clara deferencia entre el comportamiento del benceno y una olefina.

Tabla 1. Diferencia de comportamiento entre el benceno y una olefina

CARACTERÍSTICA	BENCENO	OLEFINA
Br_2	Inerte	Reacciona rápidamente
$KMnO_4$	Inerte	Se oxida fácilmente
Reacción característica	Sustitución	Adición

El químico alemán *August Kekulé Von Stradonitz* enunció la teoría de la estructura de anillo en 1864, en la que propuso que el benceno debería

ser formulado como una molécula monocíclica con tres enlaces dobles. Esto significaría que existen dos longitudes de enlace carbono—carbono diferentes y por lo tanto el benceno tendría la siguiente estructura



Sin embargo la estructura propuesta por Kekulé no explica el comportamiento químico del benceno.

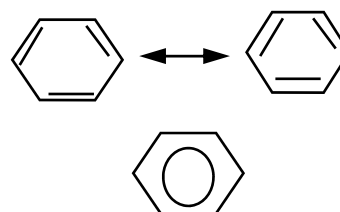
Los científicos del siglo XX desarrollaron en su lugar una descripción molecular orbital de los electrones orbitando por toda la molécula y no por los átomos de carbono. Ladenburg entre 1869- 1874 demostró que los seis átomos de hidrógeno del benceno son geométrica y químicamente equivalentes, por lo tanto sólo forma un producto de monosustitución. Además se establecieron sus propiedades de simetría.

Por otro lado, Bayer propuso que los seis átomos de carbono estaban dispuestos en un hexágono regular plano. La teoría estructural de Kekulé, basada en la representación lineal de los enlaces, era inadecuada, no predice la química del benceno, ni la diferencia entre los dobles enlaces de este y de una olefina y porque representa los electrones pi en enlaces localizados. En la década de 1980, tras nuevos estudios, se ha vuelto a la descripción de Kekulé, aunque con los electrones en órbitas deformadas alrededor de sus átomos concretos (G. W. Wheland propuso la representación circular de los electrones pi).

La molécula de benceno consiste en un anillo de seis átomos de carbono con hibridación sp^2 , unidos a átomos de hidrógeno. Tres de los cuatro electrones de cada átomo de carbono intervienen en los enlaces sigma, el cuarto electrón describe un orbital p. Las estructuras y el símbolo que las relaciona, una flecha de doble sentido, (Fig. 2) indica que los electrones pi no se representan de manera adecuada mediante la formulación convencional, localizados. La estructura de la molécula del benceno se podría pensar por superposi-

ción de las dos estructuras con los enlaces localizados, dicho de otra manera, tal teoría enuncia que cuando se pueden dibujar dos o más estructuras electrónicas equivalentes o casi equivalentes, para la misma molécula, sin cambiar la posición de los átomos, la molécula no puede ser representada por ninguna de ellas sino que es una estructura intermedia entre las representaciones y es más estable que cualquiera de ellas y que tiene características de las dos, un híbrido de resonancia.

Fig. 2. Estructuras equivalentes para el benceno.



El Benceno es líquido incoloro, volátil, inflamable, y estable a temperatura ambiente y presión atmosférica normal, de olor característico y sabor a quemado, da vapores tóxicos, posee una acción irritante sobre los tegumentos (destrucción del revestimiento protector de la piel), y una acción ebrio — narcótica que puede producir hasta el coma. La concentración máxima tolerable de vapores de benceno, en el aire, está fijada por la National Safety Council en 100 ppm como límite seguro (Bowditch, Elder, 1939; Hunter, 1939), pero el riesgo puede existir a concentraciones menores.

Insoluble en agua, es miscible en cualquier proporción con disolventes orgánicos, disolvente eficaz de gomas, ceras, grasas y resinas. Es uno de los disolventes más empleados en los laboratorios de química orgánica (en la industria del caucho) y componente de aceites pesados y combustibles para automóvil.

La toxicidad particular y de más gravedad del benceno es sobre los órganos formadores de células sanguíneas —las células de la médula ósea en etapas incipientes de desarrollo, son las más sensibles - (Andrews y Zinder, 1991)



Es considerado como *tóxico hemático*, ya que actúa sobre los hematíes (eritrocitos o glóbulos rojos de la sangre) más específicamente sobre la hemoglobina; como *tóxico leucocitario*, que inhibe la función inmunológica. Estas acciones se manifestarán por el descenso en la concentración de hemoglobina por debajo del nivel normal, *leucopenias*—por alcanzar a las células madres (totipotenciales), generándose una agranulocitosis, manifestaciones hemorrágicas, hasta alcanzar un estado leucemoide.

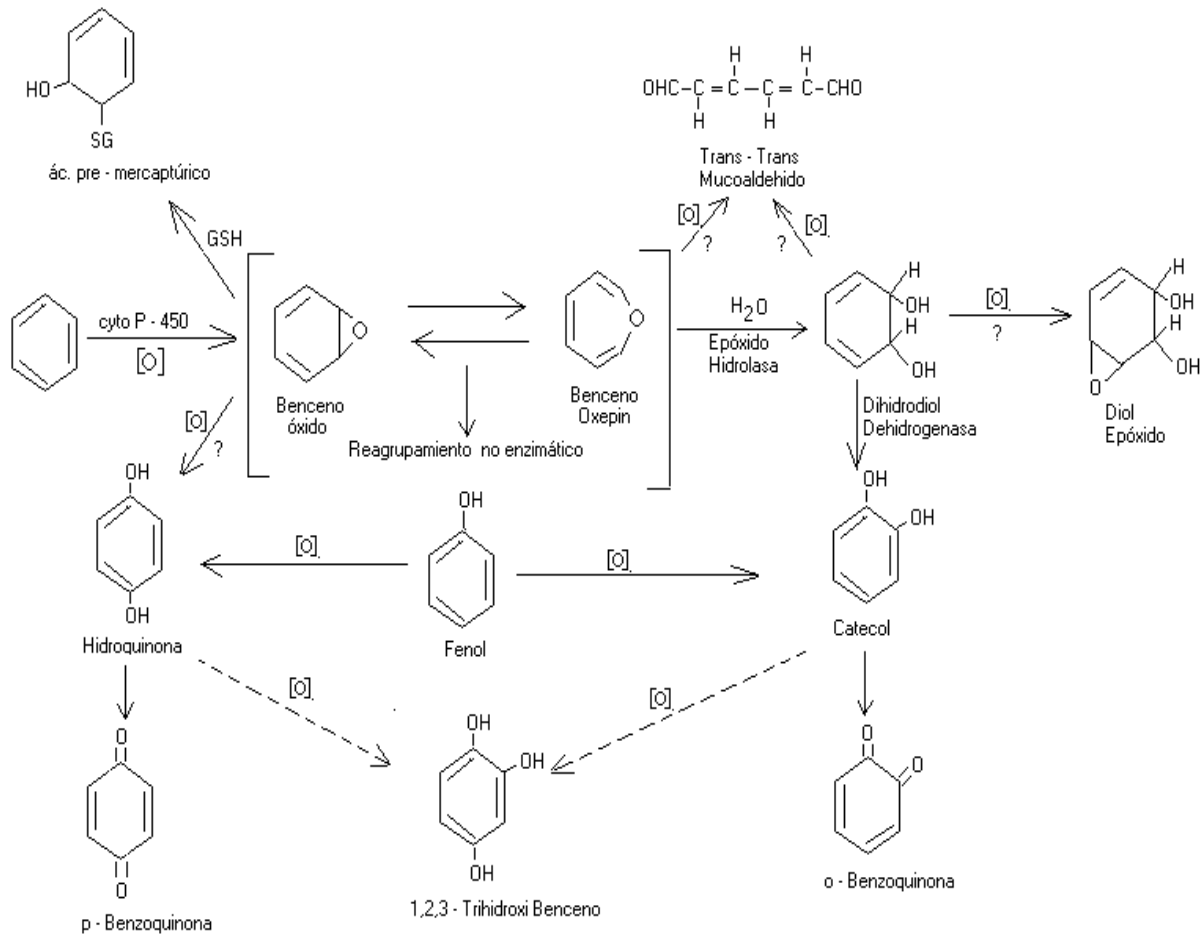
Las mujeres suelen retener un mayor porcentaje del benceno inhalado que los hombres. El benceno tiende a acumularse en los tejidos que contienen gran cantidad de lípidos y atraviesa la placenta.

La transformación metabólica del benceno en animales y humanos parece ser cualitativamente similar (Snyder, 1987). No hay indicación de que la línea de manejo tenga algún efecto marcado sobre los metabolitos formados.

El metabolismo del benceno se realiza principalmente en el hígado y depende básicamente del sistema enzimático del citocromo P—450 IIE1—(Johansson y Ingelman—Sundberg 1988; Koop, 1989; Nakajima, 1990; Chepiga 1991), y en menor grado alcanza tejidos como la médula ósea (Kalf, 1987).

Las transformaciones metabólicas del benceno se muestran en el siguiente esquema:

Metabolismo Intermediario del Benceno



Existe también un citocromo p -450 en la médula del hueso capaz de metabolizar benceno (Gollmer, 1984). Los compuestos de hidroxilados (fenol, catecol, hidroquinona y 1,2,4 -trihidroxi - benceno) son excretados en la orina como *glucurónidos* y sulfatos etéreos; una parte se destruye por completo hasta ácido mucónico (Jaffe, 1909), y una parte considerable se excreta íntegro por los pulmones. El cerebro y la médula espinal lo contienen en mayor proporción que los demás órganos (Joachimoglu, 1915). La combinación con glutatión y ácido mercaptúrico urinario es considerada como una detoxificación adicional.

Tanto en ratas como en ratones, la formación de metabolitos a través del epóxido parece ser un proceso en el que ambos, metabolismo y toxicidad, son no lineales, es decir, la cantidad de metabolitos tóxicos producidos decrecería una vez el nivel de saturación es alcanzado, mientras que las formas de desintoxicación parecen ser de baja afinidad y capacidad de reacción.

A pesar de todo lo anteriormente descrito, la neuro y la inmunitoxicidad del benceno, no han sido suficientemente estudiadas, ni en animales de experimentación ni el ser humano.

BIBLIOGRAFÍA

INTERNATIONAL 1993. Programme On Chemical Safety (JPCS) Environmental health criteria use Benzene. World health organization Geneva..

FABRE R, T. 1976. Tratado de Toxicología, editorial paraninfo primera edición. Madrid .

GOODMAN y GILMAN. 1996. Las bases farmacológicas de la terapéutica, editorial Mc Graw- Hill interamericana, novena edición, volumen 2, novena edición .

SOLLMANN, T.1986. Farmacología, editorial Alhambra, tercera edición .

STOCK, L. M., 1977. Reacciones de sustitución aromática, Editorial Alhambra, primera edición. Madrid

WINTROBE, 1995. Hematología clínica, Editorial Inter. -médica, novena edición, Volumen 3, Buenos Aires.



Investigación P. P. D. 2

LA FITOQUÍMICA COMO PROPUESTA PEDAGÓGICA PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS »

Jaime Sánchez Galindo ~

E

Resumen

El proyecto se centra en el desarrollo de las competencias propuestas en el plan de estudios integrados del colegio INEM "Francisco de Paula Santander"; estas competencias son: comunicativa hermenéutica, científico tecnológica, crítico social, vocacional productiva y valorativa; realizando énfasis en la competencia vocacional productiva.

Para ello se ha diseñado una estrategia pedagógica, la cual busca que los estudiantes de esta institución realicen pequeños proyectos en fitoquímica. Para cumplir con este fin, se realizó un trabajo previo, el cual consistió en darle algunas bases teóricas a los estudiantes acerca de análisis químico orgánico y fitoquímica. Los instrumentos utilizados para establecer el grado de avance de la estrategia fueron: prueba de conocimientos, prácticas experimentales, mapas conceptuales, visita a los laboratorios de la U. P. N., taller, elaboración de proyectos y puesta en práctica de dichos proyectos.

Finalmente se valoró la estrategia con los instrumentos anteriormente mencionados, mostrando que la estrategia propuesta en este proyecto fue efectiva para el desarrollo de las cinco competencias propuestas en el PEI de la institución, en especial la estrategia fue efectiva para el desarrollo de competencias de tipo vocacional productivo.

» Proyecto de práctica Pedagógica y Didáctica III presentado en el colegio INEM "Francisco de Paula Santander" 2001