


**CAPACITACIÓN EN VIVO**

## El carbón activado en el tratamiento de intoxicaciones agudas

PRESENTADO POR: GERMAN GROSSO

3 JUNIO MARTES  
10:00 AM. HORA CDMX



**Colegio de Toxicología del Estado de Jalisco, A.C.**



Toma de protesta Primera Mesa Directiva (30 sept 1998)  
"El carbón activado, adsorbente universal"

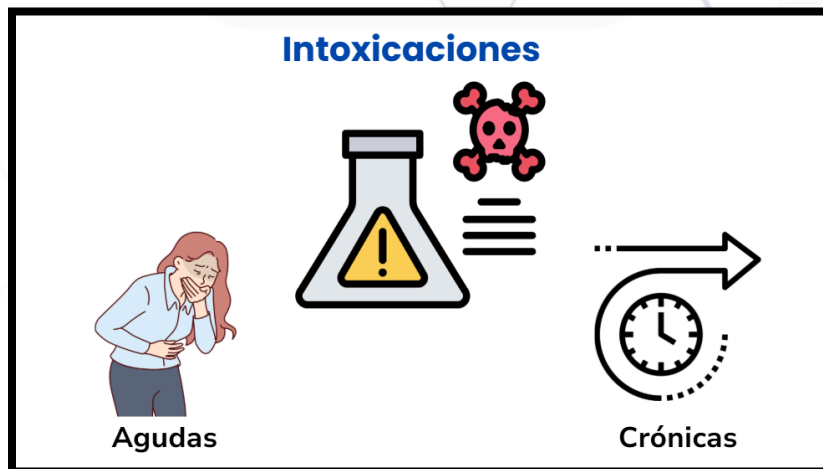
En octubre de 1998 recibí una invitación de la doctora Luz María Cueto Sánchez para impartir la charla "El carbón activado, adsorbente universal" en la toma de protesta de la primera Mesa directiva del Colegio de Toxicología del Estado de Jalisco, A.C. La doctora era una persona conocida en la sociedad tapatía, aunque yo no tenía el gusto. Yo llevaba un poco más de diez años de haber iniciado Nobrac Mexicana, empresa en la que fabricábamos y comercializábamos carbón activado. La doctora es una persona que toma riesgos, y mi plática pudo haber resultado un fracaso. Aunque yo tenía conocimiento sobre el mecanismo por el que el carbón activado adsorbe, no tenía idea de cómo se aplicaba a una persona intoxicada. Lo interesante fue que los médicos que escucharon la plática encontraron razonable lo que expresé, pues explicaba lo que observaban al administrar carbón activado como antídoto a una persona que sufría una intoxicación aguda. No cabe duda de que las distintas profesiones podemos enriquecernos cuando abordamos una misma temática.



Unos días después de la plática, la doctora Cueto me invitó a impartir el tema del carbón activado en el Diplomado en Toxicología Clínica que organizaban tanto el Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS) de la Universidad de Guadalajara, el Hospital Civil Nuevo de Guadalajara, “Dr. Juan I. Menchaca” y el Colegio de Toxicología de Jalisco recién fundado y que ella presidía. Muy pronto, recibí invitaciones de distintos organismos relacionados con la salud en Jalisco y en estados vecinos, como Colima y Nayarit para hablar sobre carbón activado. Además de la doctora Cueto, fui conociendo a otros médicos muy capaces de los que empecé a aprender de la aplicación del carbón activado como antídoto. El doctor Miguel Ángel Montoya Cabrera era una verdadera autoridad; había trabajado durante muchos años en el Instituto Mexicano del Seguro Social, en donde no solamente se había desempeñado en áreas de diagnóstico y terapéuticas, sino en investigación. El doctor Montoya Cabrera hablaba con autoridad. El doctor Álvaro Barriga Marín era un entregado pediatra del área de urgencias en el Hospital Civil Nuevo de Guadalajara; un médico muy capaz que fue clave para que el hospital atendiera con éxito casos de intoxicaciones. La doctora Ithalia Morales Vázquez coordinaba el Centro Regional de Información y Atención Toxicológica (CRIAT) del Gobierno Municipal de Guadalajara. Este centro ha desempeñado una labor continua de gran importancia, no solo para el municipio de Guadalajara, sino para toda el Área Metropolitana de Guadalajara y para el estado de Jalisco. La doctora Marisela Jiménez Leal también fue una persona entregada y capaz, que colaboró de manera importante con la doctora Cueto y con el doctor Barriga. No terminaría de mencionar a muchos otros médicos competentes que conocí en este ámbito.



En 2002, el Diplomado en Toxicología liderado por la doctora Cueto amplió su alcance para incluir a profesionistas del área de la química que suelen participar en áreas de seguridad industrial. El diplomado pasó de la toxicología clínica a la integral. Esto me permitió cursarlo, lo que me fue de gran ayuda para comprender mejor y poder colaborar de una manera más efectiva en la formación de toxicólogos en lo relativo al uso de carbón activado como antídoto desde el punto de vista de la química y la fisicoquímica.



Entrando en tema, la toxicología puede dividirse en la que trata intoxicaciones agudas, y en la que trata intoxicaciones crónicas. Una intoxicación aguda es la que resulta de una exposición única o breve (minutos a días), de la que aparecen síntomas casi inmediatamente. Una intoxicación se considera crónica cuando resulta de la exposición repetida o continua durante meses o años, con efectos que aparecen gradualmente o mucho tiempo después.

**NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021**

**NORMA Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015**

Los límites permisibles de compuestos que establecen las normas que aplican al agua potable municipal o al agua purificada destinada a bebidas embotelladas buscan evitar intoxicación crónica.

Tabla A.1 Límites permisibles de compuestos orgánicos halogenados adsorbibles fijos

Compuestos orgánicos semivolátiles clorados			
PARÁMETRO	1994 µg/L	2021 µg/L	Comentarios
Hexaclorobutadieno		0.60	
Pentaclorofenol		9.0	
2, 4, 6 Triclorofenol		200	
Epictorhidrina		0.40	
Plaguicidas clorados			
Aldicloro		20	
Combinación Aldrin + Dieldrin	0.03	0.03	
Atrazina		100	
Ciordano (total de isómeros)	0.20	0.20	
Cianazina		0.60	
DDT y metabolitos	1.0	1.0	
Endrin		0.60	
Lindano		2.0	
Metolcloro		10	
Metoxiclolo	20.00	20	
Pendimetalina		20	
Terbutilazina		7.0	
Trifluralina		20	
Herbicidas clorados			
2,4-D	30.00	30	
2,4,5-T		9.0	
2,4,5-TP		9.0	
2,4-DB		90	
Dicloroprop		100	
Mecoprop		10	
Plaguicidas clorados derivados de urea			
Clorotoluron		30	No lo señala la norma pero puede retenerse en CA

La tecnología más competitiva disponible en la actualidad para controlar (retener) casi la totalidad de los compuestos orgánicos listados por estas normas es el carbón activado. En el caso de la norma NOM-127-SSA1-2021 que aplica al agua potable que se distribuye a la población, de 67 compuestos o grupos de compuestos orgánicos listados, el carbón activado retiene con eficiencia 66. Únicamente no retiene eficientemente formaldehído, por ser una molécula muy pequeña, muy polar, y muy soluble en agua. En la imagen se muestra una de las tablas de compuestos orgánicos con límite establecido por la norma. Aquellos resaltados en fondo amarillo son los compuestos para los cuales la misma norma menciona al carbón activado como uno de los procesos recomendados para su retención. En el caso de la tabla que muestra la imagen, la norma no señala al carbón activado para retener clorotoluron, aunque sí lo adsorbe con gran eficacia.

Tabla A.2 Límites permisibles de compuestos orgánicos no halogenados

Carbamatos y compuestos orgánicos semivolátiles			
PARÁMETRO	1994 µg/L	2021 µg/L	Comentarios
Aldicarb		10	
Carbofurán		7.0	
Ácido edético		600	
Ácido nitrilotriacético		200	
Acrilamida		0.50	
Hidrocarburos poliaromáticos			
Benzo(a)pireno		0.70	
Plaguicidas fosforados			
Clorpirifos		30	
Dimetoato		6.0	
Molinato		6.0	
Simazina		2.0	
Compuestos orgánicos semivolátiles no clorados			
Di-(2-Etilhexil) ftalato		8.0	
Plaguicidas no clorados derivados de urea			
Isoproturon		9.0	

Otra tabla de la norma NOM-127-SSA1-2021 (a manera de ejemplo).

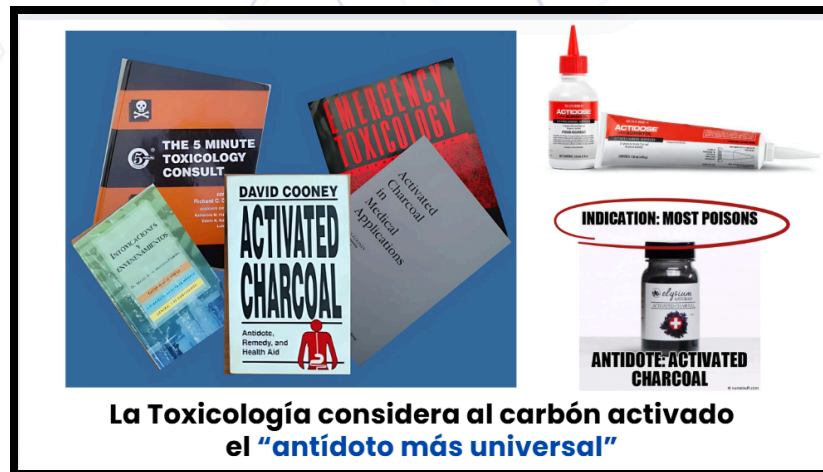
Tabla A.3 Límites permisibles de compuestos orgánicos halogenados adsorbibles purgables

Compuestos orgánicos halogenados volátiles			
PARÁMETRO	1994 µg/L	2021 µg/L	Comentarios
1,2-Diclorobenceno		1000	
1,2-Dicloroetano (cis + trans)		50	
1,2-Dicloropropano		40	
1,2-Dicloroetano		30	
1,3-Dicloropropeno (cis + trans)		20	
1,4-Diclorobenceno		300	
Cloruro de vinilo		0.30	
Diclorometano		20	
Tetracloroetano		40	
Tetracloruro de carbono		4.0	
Tricloroetano		20	
1,2-Dibromoetano		0.40	
1,2-Dibromo-3-cloropropano		1.0	

Otra tabla (también, a manera de ejemplo) ...



El carbón activado es un adsorbente inespecífico de moléculas no iónicas. De entre estas, prefiere a las moléculas menos polares que caben dentro de sus poros. La mayoría de las moléculas orgánicas no son iónicas y al menos tienen una zona apolar (la formada por las uniones C-C y C-H). Las moléculas inorgánicas, en cambio, suelen ser iónicas y tienden a ser polares.



**La Toxicología considera al carbón activado el "antídoto más universal"**

De lo anterior, la toxicología tiene al carbón activado como el antídoto más universal contra intoxicaciones agudas cuando la intoxicación se debe a uno o más compuestos orgánicos. En la imagen se observa un anuncio de carbón activado que se ofrece comercialmente como antídoto y que dice: "Indicación: la mayoría de los venenos".

A partir de aquí, hablaremos del carbón activado como antídoto contra intoxicaciones agudas.

Papiro egipcio (Tebas, Grecia, de 1550 a.C.): se curaban enfermedades con carbón.



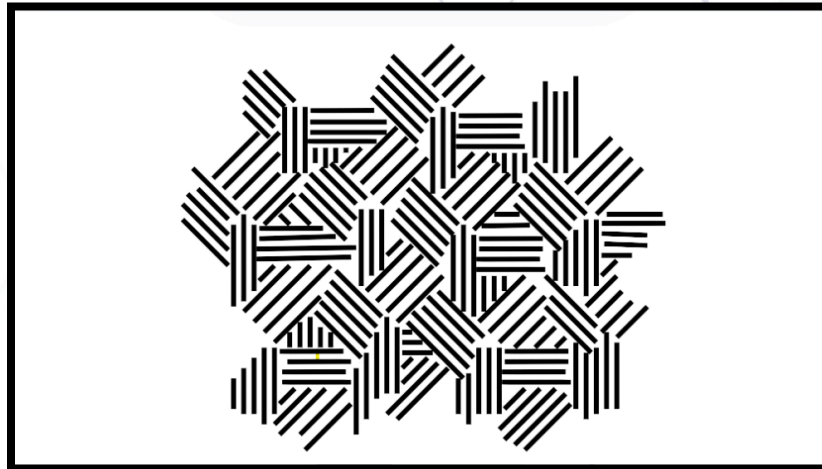
# Carbotecnia

El documento más antiguo que hace referencia al uso de carbón para curar enfermedades es un papiro egipcio datado en alrededor de 1550 a. C. Esto nos habla de que el uso del carbón para este fin se pierde en la historia.

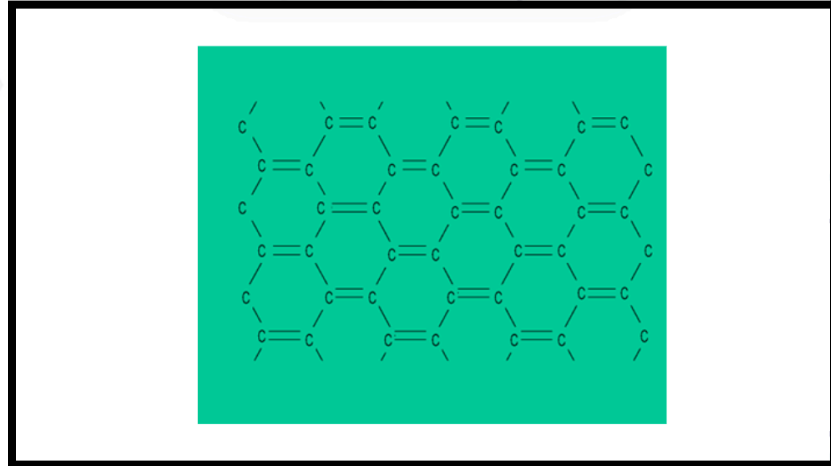
En el campo mexicano, las personas se curan de males gástricos con tortilla quemada



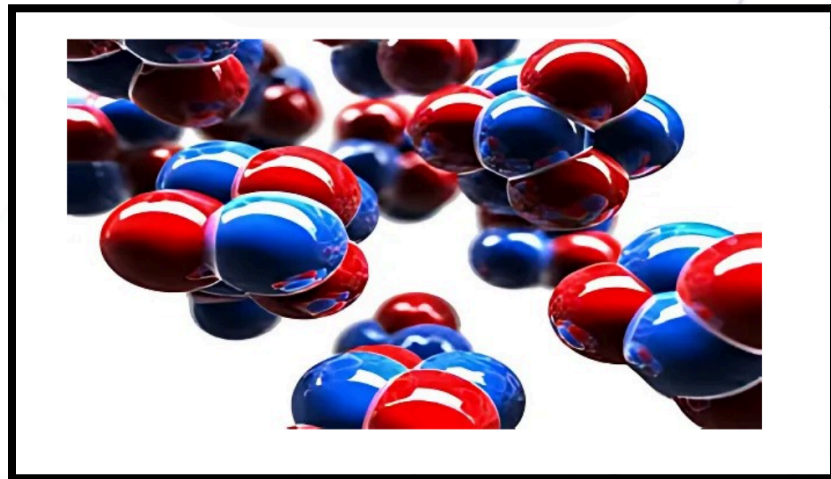
En el campo mexicano se sigue usando tortilla carbonizada para curar males gastrointestinales.



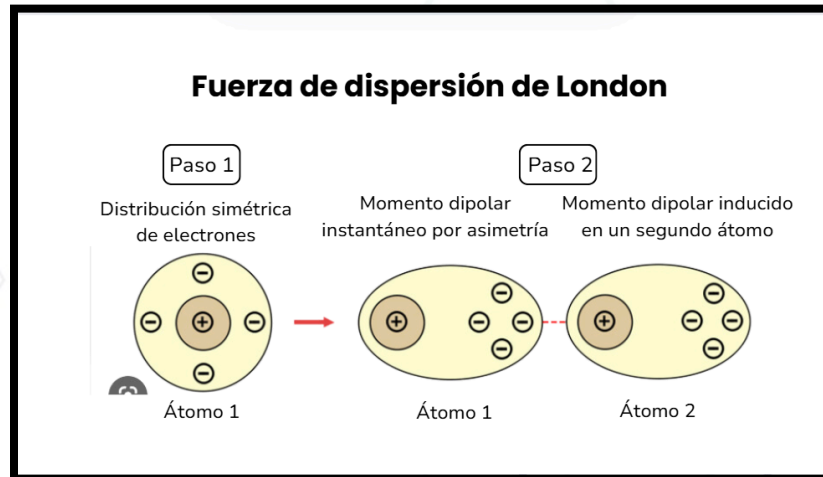
Todo sólido carbonoso, excepto el diamante, está formado por placas gráficas. La imagen pretende mostrar el canto de dichas placas (que se orientan hacia el fondo).



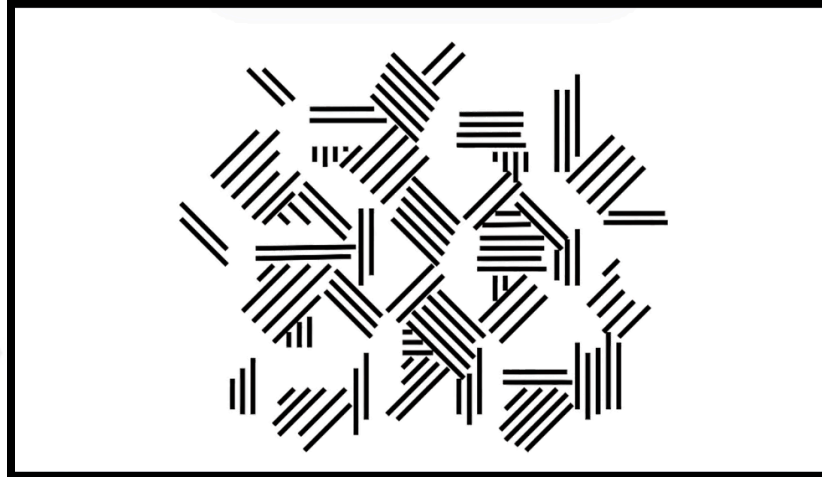
Esta es una placa gráffica. Podemos observar que está formada por átomos de carbono unidos entre sí por sus cuatro ligaduras.



Cuando el átomo de carbono se concatena con otros átomos de carbono y con otros átomos, como hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, forma lo que conocemos como moléculas orgánicas. Estas tienen formas redondeadas u ovaladas que permiten un mayor alejamiento entre los átomos que forman parte de la molécula y que tienen cierto grado de repulsión con otros átomos. Es la forma más estable.



En cambio, las placas gráficas, al ser planas, tienen como efecto un aumento en la formación de dipolos instantáneos. Esto se explica así: la placa gráfica es de carácter totalmente covalente y apolar; por lo tanto, los electrones de cada átomo de carbono están distribuidos alrededor del núcleo. Todos los átomos que forman moléculas sufren la formación de dipolos instantáneos de manera aleatoria y continua. Esto significa que, aunque la molécula sea totalmente apolar, cada cierto tiempo, los electrones de cada átomo se desplazan hacia un lado y dejan al núcleo del otro lado. Es decir, se forma un dipolo. Este dipolo aparece instantáneamente y dura del orden de los femtosegundos (fs): entre  $10^{-15}$  y  $10^{-13}$  segundos. En el caso de una placa gráfica, por el hecho de ser plana, aumenta considerablemente la formación de dipolos instantáneos. Si una molécula de carácter covalente apolar fluida (líquido o gas) está a un lado del punto de la placa gráfica en el que se forma un dipolo instantáneo, este genera un dipolo inducido en la molécula y la retiene magnéticamente. Al desaparecer el dipolo, la placa gráfica deja ir a la molécula fluida pero antes de que esta se aleje, se forma otro dipolo instantáneo que vuelve a provocar en ella otro dipolo inducido. El efecto global de esto es que la placa gráfica no la deja escapar. A este fenómeno se le llama adsorción y el hecho de que el carbón sea un adsorbente particularmente eficaz, lo hace el sólido con mayor capacidad adsorbente en la naturaleza.



Activar un carbón consiste en hacerlo poroso de manera que aumenta su área superficial (en  $\text{m}^2/\text{g}$ ). Ya que la adsorción es un fenómeno de superficie, una mayor superficie tiene como consecuencia un aumento proporcional en la capacidad de adsorción del carbón.

## En el **PROCESO DE ACTIVACIÓN**

el área superficial del carbón  
aumenta alrededor de

# 10 veces

(alcanza valores de alrededor de  $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ )

El carbón tiene un área superficial que suele ser de entre  $50$  y  $100 \text{ m}^2/\text{g}$ . Al activar un carbón, se aumenta su área superficial alrededor de diez veces, aunque puede aumentarse hasta 20 veces. Los carbones activados que se producen comercialmente tienen áreas superficiales de entre  $500$  y  $1300 \text{ m}^2/\text{g}$ .

## Intoxicación aguda

Método terapéutico: diálisis intestinal



Piel:  
1.5 a 2.0 m<sup>2</sup>

Intestino delgado:  
30 a 40 m<sup>2</sup>

El método para tratar una intoxicación aguda mediante carbón activado consiste en una diálisis intestinal. Se administra por vía oral una suspensión de carbón activado al paciente. El carbón circulará por el tracto gastrointestinal y extraerá compuestos orgánicos contenidos en la sangre. El intestino delgado no es un “tubo liso” en su interior; está formado por vellosidades intestinales muy irrigadas que exponen una gran área al interior del intestino (la luz intestinal). Esta área es de entre 30 y 40 m<sup>2</sup> (aunque con base en ciertas metodologías de medición, algunos autores consideran que tiene un área de entre 150 y 200 m<sup>2</sup>), y es la que permite que los compuestos orgánicos que forman parte del bolo alimenticio pasen a la sangre. Cuando se administra carbón activado, ocurre lo contrario: los compuestos orgánicos pasan de la sangre al carbón.



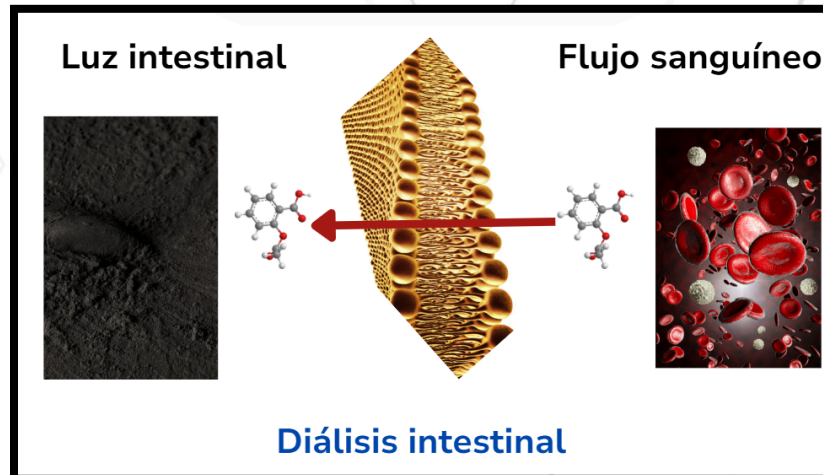
Para administrar la suspensión de carbón se requiere, además del carbón activado en polvo, una botella y una sonda nasogástrica.



D = 0.074 mm (carbón en polvo, malla 200)  
d = 0.044 mm (carbón en polvo, malla 325)

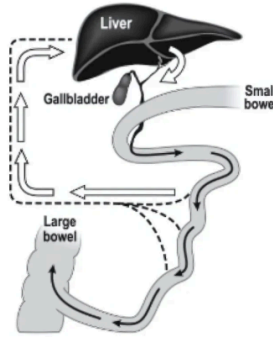
$$\frac{v}{V} = \frac{(0.074)^2}{(0.044)^2} = 2.83$$

Es importante que el carbón activado esté bien pulverizado, no solamente para que no se atore en la sonda nasogástrica, sino por el hecho de que, mientras más fino es el carbón, trabaja con mayor cinética (velocidad). Dos carbonos activados que se ofrecen comercialmente en polvo son los que pasan la malla 200, y los que pasan la malla 325. Ambos son como talco, aunque las partículas mayores del segundo son del 60% del tamaño de las partículas mayores primero. La cinética de adsorción aumenta proporcionalmente al cuadrado del inverso del tamaño de partícula del carbón activado, por lo que el carbón que pasa la malla 325 adsorbe casi 3 veces más rápido.



Como dijimos, la diálisis intestinal consiste en que el carbón activado que circula por la luz intestinal atrae los compuestos orgánicos presentes en la sangre. Estos compuestos pueden ser los típicamente presentes (colesterol, triglicéridos, urea, creatinina) u otros, entre los que se encuentran los que intoxican a la persona. Con la diálisis intestinal, se afecta todo el equilibrio en el cuerpo humano. Los compuestos orgánicos distribuidos en los distintos tejidos y órganos, entre los que se encuentran el órgano crítico (el que más acumula al tóxico) y el órgano blanco (el que resulta más dañado por el tóxico), pasan a la sangre y de ahí al carbón. Los compuestos orgánicos que son hidrosolubles pasan del líquido intracelular al extracelular, que incluye el líquido intersticial -entre el que se encuentra la linfa- y el plasma, que es el líquido que forma la sangre. Los compuestos orgánicos liposolubles que se han distribuido en tejidos grasos también pasan poco a poco a la sangre (un compuesto liposoluble siempre tiene cierto grado de hidrosolubilidad) y de ahí al carbón.

## Circulación enterohepática



Los compuestos que sufren circulación enterohepática son aquellos que se absorben en el intestino delgado, al llegar al hígado se biotransforman en metabolitos activos. Estos se excretan mediante la bilis hacia el duodeno en donde se reabsorben. Después de la reabsorción, vuelven al torrente sanguíneo y, como metabolitos activos, actúan y causan el daño. Una molécula tarda entre 6 y 12 horas en realizar este ciclo, por lo que hay tiempo para administrar el carbón y que impida la reabsorción de los metabolitos.

Conforme a lo que hemos descrito podemos observar que el carbón activado provoca todo un proceso de acelerar la eliminación de los tóxicos que se habían dispersado por el cuerpo.

## Abordaje diagnóstico

0.5 a 3% de los ingresos a urgencias son por intoxicación aguda (hasta 9%)



Poca formación en toxicología (como parte de la materia de farmacología)



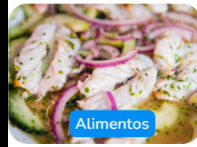
Medidas de sostén y sintomáticas

La carrera de medicina dedica muy poco tiempo al estudio de la toxicología, que es solo un tema de la materia de farmacología. Por lo tanto, en muchos casos, los médicos que atienden urgencias no sospechan que el paciente está intoxicado y simplemente aplican medidas de sostén y sintomáticas (por ejemplo: se indica un anticonvulsivo frente a convulsiones, un antipirético ante hipertermia, un antiarrítmico ante disritmia cardíaca...). Cuando el urgenciólogo tiene formación en toxicología y detecta que el paciente sufrió una intoxicación aguda, puede actuar de una manera mucho más eficaz, con lo que disminuye permanencia intrahospitalaria e, incluso, la mortalidad.



Un dato importante para el diagnóstico de una intoxicación aguda es que alrededor del 85% de los casos de intoxicación ocurren a niños menores a cinco años.

El carbón activado es remedio eficaz en:



Otro dato para el diagnóstico es que los principales compuestos de origen orgánico que intoxican al ser humano son medicamentos (sobredosis), plaguicidas, plantas y hongos venenosos, toxinas contenidas en alimentos, medicinas alternativas (por un exceso del principio activo, que no está controlado), remedios y drogas de abuso.

El carbón activado adsorbe pero no alcanza a resolver el problema



Animales de ponzoña

Otros compuestos orgánicos que adsorbe eficazmente el carbón activado son los venenos que proceden de animales de ponzoña. En este caso, aunque el tratamiento con carbón activado puede ayudar, el efecto del veneno suele dañar a la persona con mayor rapidez que aquella con la que puede actuar el carbón

# Carbotecnia

activado por lo que es necesario o conveniente aplicar el antídoto específico, que suele estar disponible en hospitales que tratan urgencias toxicológicas (como el CRIAT de Guadalajara).

## El carbón activado no los adsorbe



Sosa cáustica



Sulfuro de hidrógeno  
en pozos de visita



Productos químicos  
del hogar

El carbón activado no adsorbe los tóxicos de origen inorgánico, como la sosa cáustica, el sulfuro de hidrógeno (que suele encontrarse en pozos de visita de sistemas de alcantarillado) y los químicos del hogar. En estos casos no se administra el carbón por tres razones: (a) El carbón activado no tiene utilidad; (b) El método terapéutico de aplicación de carbón activado provoca vómito en el diez por ciento de los casos; al vomitar, si el tóxico es cáustico o corrosivo, dañará aún más los tejidos dañados del esófago y la boca; (c) Si el paciente vomita, se corre el riesgo de broncoaspiración y hay que evitar este riesgo.

## Abordaje diagnóstico

- Antecedente de exposición (estaba bien...).
- Sospecha de intoxicación.
- Factores de riesgo (mujer adolescente cortó con el novio; niño estaba solo jugando; agrigultor fumigó...).
- Toxíndrome.
- ¿Es compatible el cuadro clínico con el tóxico en cuestión?
- Respuesta terapéutica.
- Determinación laboratorial del tóxico.



Cuando llega el paciente a la sala de urgencias, el médico toxicólogo debe diagnosticar si el motivo es una intoxicación. La imagen muestra un ejemplo de las preguntas que debe hacer o hacerse el médico.

## Abordaje terapéutico

- A) Vía aérea permeable.
- B) Ventilación pulmonar adecuada.
- C) Circulación.
- D) Descontaminación del tóxico.
- E) Favorecer la eliminación



Cuando se trata de una intoxicación, además del conocido ABC que se aplica en urgencias, hay que aplicar un paso D y un paso E. La D de descontaminación puede consistir en quitar la ropa impregnada con el tóxico, o limpiar o lavar la piel o las mucosas (según el caso). La E, de eliminación es en la que se incluye la administración del carbón activado. Hay casos en los que es conveniente el lavado gástrico; el médico toxicólogo debe tener la preparación para decidir cuáles son dichos casos.

## Método de administración

- Convulsiones o bloqueo del tracto intestinal → resolver y continuar. Comatoso → continuar.
- Preparar suspensión de carbón activado: 0.25 g por kg de peso corporal.
- Intubar con sonda nasogástrica. Asegurar que llegue al estómago y no a los pulmones. Administrar la suspensión. Estar atento para evitar broncoaspiración en caso de vómito.

# Carbotecnia

Esta imagen muestra los pasos más detallados del método de administración de carbón activado a un paciente intoxicado de manera aguda por un compuesto que el carbón activado adsorbe.

- Repetir procedimiento cada hora (máximo 36 horas). El tratamiento se da por terminado, cuando la sintomatología se ha resuelto, o mejor aún, cuando los niveles de concentración del tóxico en la sangre hayan disminuido y alcanzado un nivel considerado como no dañino.
- Administrar catártico salino (sulfato de sodio) al inicio y cada 12 horas. Dosis: 0.25 g por kg de peso corporal. El objetivo es el mantener una peristalsis adecuada y evitar constipación acentuada.



El método de tratamiento con carbón activado es simple, seguro, no invasivo, económico y no tiene efectos secundarios indeseables.

## Parámetros de calidad del carbón activado



Carbotecnia no es laboratorio por lo que no ofrece el carbón activado envasado en calidad de medicamento. Sin embargo, ofrece el carbón activado que cumple con los parámetros de calidad que señala la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM) para que los laboratorios farmacéuticos interesados lo envasen sin tener que aplicar métodos de purificación adicionales.



Una aplicación médica que también puede tener el carbón activado es mediante apósitos que se aplican en heridas crónicas o infectadas. El carbón activado se impregna con plata y su objetivo es disminuir la carga bacteriana, controlar el mal olor y favorecer un entorno óptimo de cicatrización.



Otra aplicación farmacéutica del carbón activado es a través de cápsulas y comprimidos. Se utilizan en caso de indigestión y de meteorismo o flatulencia. También se aplican mezclados con algunos remedios herbolarios. En estos casos, pueden funcionar si el carbón prefiere un compuesto distinto a las moléculas que forman parte del remedio y libera a estas últimas para que realicen una acción curativa.



Finalmente, en los últimos años se ha puesto de moda el carbón activado y se han hecho aplicaciones que no tienen un beneficio curativo, aunque pueden ser deseables para el usuario final por otras razones.

## Gracias por su atención

Tel. +52 33 3834-0906  
ventas@carbotecnia.com.mx  
ingenieria@carbotecnia.com.mx