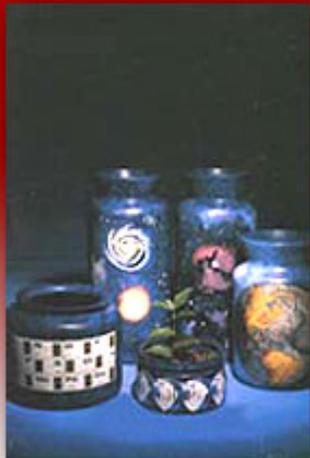


QUÍMICA, UNIVERSO, TIERRA Y VIDA

Autor: ALFONSO ROMO

- [COMITÉ DE SELECCIÓN](#)
- [EDICIONES](#)
- [INTRODUCCIÓN](#)
- [I. ÁTOMOS Y MOLÉCULAS EN EL UNIVERSO.](#)



© Fondo de Cultura Económica

Primera edición, 1988
Quinta reimpresión, 1996
ISBN 968-16-2705-9
Impreso en México

[LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS](#)

- [II. EL ÁTOMO DE CARBONO, LOS HIDROCARBUROS, OTRAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS, SU POSIBLE EXISTENCIA EN LA TIERRA PRIMITIVA Y EN OTROS CUERPOS CELESTES](#)
- [III. RADIACIÓN SOLAR, APLICACIONES DE LA RADIACIÓN, CAPA PROTECTORA DE OZONO, FOTOSÍNTESIS, ATMÓSFERA OXIDANTE, CONDICIONES APROPIADAS PARA LA VIDA ANIMAL](#)
- [IV. VIDA ANIMAL, HEMOGLOBINA, ENERGÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS, DOMINIO DEL FUEGO](#)
- [V. IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS EN LA VIDA DEL HOMBRE: USOS MÁGICOS Y MEDICINALES](#)
- [VI. FERMENTACIONES, PULQUE, COLONCHE, TEGÜINO, POZOL, MODIFICACIONES QUÍMICAS](#)
- [VII. JABONES, SAPONINAS Y DETERGENTES](#)
- [VIII. HORMONAS VEGETALES Y ANIMALES, FEROMONAS, SÍNTESIS DE HORMONAS A PARTIR DE SUSTANCIAS VEGETALES](#)
- [IX. GUERRAS QUÍMICAS, ACCIDENTES QUÍMICOS](#)
- [COLECCIONES DEL FCE](#)
- [CONTRAPORTADA](#)



la

ciencia/51

desde México

Primera edición, 1988

Quinta reimpresión, 1996

La Ciencia para todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica de la SEP y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D. R. © 1988, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

S. A. DE C. V.

D. R. © 1995, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Carretera Picacho-Ajusco 22714200 México, D.F.

ISBN 96162705-9

Impreso en México

Indice



INTRODUCCIÓN

Las reacciones químicas ocurren espontáneamente en el Universo, produciendo en forma lenta sustancias sencillas. En nuestro planeta, las reacciones químicas también suceden espontáneamente, pero de manera mucho más rápida y formando moléculas más complicadas, debido sobre todo a la presencia de oxígeno en el aire y en las aguas de mares, ríos y lagos.

Así, el hierro dejado a la intemperie se cubre de una capa de herrumbre causada por la oxidación espontánea; una reacción de oxidación más vigorosa se produce con violencia explosiva, tal como ocurre con la combustión de la pólvora y de la dinamita.

Por su parte, los vegetales producen una gran variedad de compuestos utilizando como materia prima el bióxido de carbono de la atmósfera y el agua y los minerales del suelo, y como fuente de energía, la luz solar.

En cuanto a la vida animal, se mantiene gracias a la combustión lenta de los alimentos que se lleva a cabo en el organismo. En esta reacción química se produce bióxido de carbono, que se expulsa en la respiración, liberando la energía necesaria para efectuar las complejas reacciones químicas que los organismos necesitan para mantenerse vivos.

Más aún, la vida y la muerte son procesos químicos. La vida comienza con la fecundación, con la que desencadena una serie de cambios químicos que seguirán ocurriendo a lo largo de la vida; el amor, el miedo, la ambición, tienen su origen en procesos químicos; también lo tienen las enfermedades que padece todo ser vivo cuando los mecanismos normales son alterados.

En el ser humano la muerte viene cuando deja de producirse el proceso de oxidación llamado respiración; después ocurren una serie de procesos de degradación que hace que los elementos que formaron el cuerpo se vuelvan a incorporar a la tierra: el bióxido de carbono que se libera en la descomposición del organismo, asciende a la atmósfera, lugar de donde será tomado por los vegetales para elaborar de nuevo compuestos orgánicos, los cuales, al ser consumidos por los herbívoros, se incorporarán una vez más a la cadena alimenticia, reiniciándose así el ciclo vida-muerte-vida que ha venido aconteciendo en nuestro planeta desde hace millones de años.

La complicada química que se desarrolla en el cerebro ha convertido a los seres humanos en seres inteligentes y, como tales, capaces de realizar procesos químicos a voluntad en laboratorios y fábricas, con lo que logra producir en forma rápida y eficiente una gran cantidad de compuestos que incluyen materiales de construcción, alimentos y medicinas.

La habilidad que ha logrado el hombre para controlar los procesos químicos ha hecho posible el aumento de la población, ya que hoy en día es más fácil proporcionar habitación, alimento y medicinas que hace uno o dos siglos. Con esto se ha logrado también prolongar el promedio de vida. Más aún, ha hecho posible, gracias a la moderna tecnología metalúrgica y de plásticos, la producción de gran cantidad de enseres domésticos que facilitan la labor del ama de casa, a la que le queda más tiempo libre tanto para dedicarse a otras actividades, como para disfrutar de las maravillas que ofrece el mundo moderno.

Por otro lado, la energía contenida en los combustibles fósiles es liberada y controlada en modernas máquinas que mueven los grandes barcos que cruzan los océanos o los rápidos aviones que permiten cruzar el Atlántico en unas cuantas horas, a diferencia del viaje trasatlántico efectuado por Cristóbal Colón en 1492, en el que invirtió más de dos meses.

En el uso de los recursos energéticos del planeta, la moderna tecnología ha llevado al hombre a la exploración de los espacios extraterrestres, al estudio de la Luna, de los planetas y del cometa Halley, por

ejemplo.

Con éstos y muchos más éxitos, la humanidad ha sobrestimado su poder de dominio sobre la naturaleza, y en su afán de uso y abuso de los recursos del planeta, ha alterado la naturaleza con su depredación, la ha desequilibrado por medio de pesticidas que, ciertamente, han aumentado las cosechas, pero que al mismo tiempo han alterado el ecosistema. Las fábricas y vehículos automotores producen humos nocivos que contaminan la atmósfera de las ciudades y producen la lluvia ácida que seca los bosques y contamina los lagos de la nación. Lo mismo sucede en otras naciones, que reciben los humos transportados por el viento.

La máquina ha sido también aplicada a la guerra; el hombre no sólo ha empleado su potencialidad para el bienestar humano, lo utiliza también para provocar su muerte.

Es, pues, imperativo que los habitantes del planeta nos unamos y tratemos de cambiar la mentalidad de los dirigentes de las naciones para que, en vez de gastar los recursos, patrimonio de la humanidad, en acumular armas para una posible destrucción, los utilicen en bien de todos, para que la vida en el planeta sea más justa, sin los grandes desequilibrios ahora existentes entre los que tienen el poder y los que carecen de él.



I. ÁTOMOS Y MOLÉCULAS EN EL UNIVERSO. LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

ASTRÓNOMOS y físicos han postulado como origen del Universo una gran explosión, que a partir de un gas denso formó las innumerables galaxias que ahora pueblan el Universo. Una de dichas galaxias es la Vía Láctea, formada por más de 100 mil millones de estrellas, entre las que se encuentra nuestro Sol.

Cuando la temperatura del Universo era de alrededor de mil millones de grados, se comenzaron a formar los núcleos de los elementos. Primero se formaron los más simples, el hidrógeno (H) y el helio (He); posteriormente, en el interior de las estrellas se fueron formando los núcleos de otros elementos, hasta llegar a un número cercano a 100. Los químicos los han ido descubriendo poco a poco y han encontrado que se pueden clasificar de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas en lo que se ha nombrado la *tabla periódica de los elementos* (Figura 1).

Más tarde, el Universo se fue enfriando paulatinamente hasta llegar a una temperatura de 3°K, que es la que tienen en la actualidad los espacios interestelares.

1 H 1.0080 $1s^1$									
IIA									
3 Li 6.939 $2s^1$	4 Be 9.012 $2s^2$								
11 Na 22.99 $3s^1$	12 Mg 24.31 $3s^2$								
		IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII B		
19 K 39.102 $4s^1$	20 Ca 40.08 $4s^2$	21 Sc 44.96 $3d^1 4s^2$	22 Ti 47.90 $3d^2 4s^2$	23 V 50.94 $3d^3 4s^2$	24 Cr 52.00 $3d^5 4s^1$	25 Mn 54.94 $3d^5 4s^2$	26 Fe 55.85 $3d^6 4s^2$	27 Co 58.93 $3d^7 4s^2$	28 Ni 58.71 $3d^8 4s^2$
37 Rb 85.47 $5s^1$	38 Sr 87.62 $5s^2$	39 Y 88.90 $4d^1 5s^2$	40 Zr 91.22 $4d^2 5s^2$	41 Nb 92.91 $4d^4 5s^1$	42 Mo 95.94 $4d^5 5s^1$	43 Tc (99)* $4d^5 5s^2$	44 Ru 101.07 $4d^7 5s^1$	45 Rh 102.90 $4d^8 5s^1$	46 Pd 106.4 $4d^{10}$
55 Cs 132.90 $6s^1$	56 Ba 137.34 $6s^2$	57 La* 138.91 $5d^1 6s^2$	72 Hf 178.49 $4f^{14} 5d^2 6s^2$	73 Ta 180.95 $4f^{14} 5d^3 6s^2$	74 W 183.85 $4f^{14} 5d^4 6s^2$	75 Re 186.2 $4f^{14} 5d^5 6s^2$	76 Os 190.2 $4f^{14} 5d^6 6s^2$	77 Ir 192.2 $4f^{14} 5d^7 6s^2$	78 Pt 195.09 $4f^{14} 5d^9 6s^1$
87 (Rn) 7s ¹	88 (Rn) 7s ²	89 (Rn) 6d ¹ 7s ²	104 (Rn) 5f ¹⁴ 6d ² 7s ²						

87 (Rn) 7s ¹ Fr (223)	88 (Rn) 7s ² Ra (226)	89 (Rn) 6d ¹ 7s ² Ac† (227)	104 (Rn) 5f ¹⁴ 6d ² 7s ² ? (227)
---	---	---	--

58 (Xe) 4f ² 6s ² Ce 140.12	59 (Xe) 4f ³ 6s ² Pr 140.91	60 (Xe) 4f ⁴ 6s ² Nd 144.24	61 (Xe) 4f ⁵ 6s ² Pm (147)	62 (Xe) 4f ⁶ 6s ² Sm 150.35	63 (Xe) 4f ⁷ 6s ² Eu 151.96	64 (Xe) 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² Gd 157.25
---	---	---	--	---	---	--

SERIE DE LOS LANTÁNIDOS

90 (Rn) 6d ² 7s ² Th 232.04	91 (Rn) 5f ² 6d ¹ 7s ² Pa (231)	92 (Rn) 5f ³ 6d ¹ 7s ² U 238.03	93 (Rn) 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² Np (237)	94 (Rn) 5f ⁴ 7s ² Pu (244)	95 (Rn) 5f ⁵ 7s ² Am (243)	96 (Rn) 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² Cm (247)
---	---	---	---	--	--	---

SERIE DE LOS ACTÍNIDOS

						2 1s ¹ He 4.0026	
		III _A	IV _A	V _A	VI _A	VII _A	
		5 (He) 2s ¹ 2p ¹ B 10.81	6 (He) 2s ² 2p ² C 12.011	7 (He) 2s ² 2p ³ N 14.007	8 (He) 2s ² 2p ⁴ O 15.999	9 (He) 2s ² 2p ⁵ F 18.998	10 (He) 2s ² 2p ⁶ Ne 20.183
		13 (Ne) 3s ¹ 3p ¹ Al 26.98	14 (Ne) 3s ² 3p ² Si 28.09	15 (Ne) 3s ² 3p ³ P 30.974	16 (Ne) 3s ² 3p ⁴ S 32.06	17 (Ne) 3s ² 3p ⁵ Cl 35.453	18 (Ne) 3s ² 3p ⁶ Ar 39.948
I _B	II _B						
29 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ¹ Cu 63.54	30 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² Zn 65.37	31 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ Ga 69.72	32 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² Ge 72.59	33 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ As 74.92	34 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ Se 78.96	35 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ Br 79.909	36 (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ Kr 83.80
47 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ¹ Ag 107.87	48 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² Cd 112.40	49 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ In 114.82	50 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ² Sn 118.69	51 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ Sb 121.75	52 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ Te 127.60	53 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ I 126.90	54 (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ Xe 131.30
79 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹ Au 196.97	80 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² Hg 200.59	81 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ Tl 204.37	82 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² Pb 207.19	83 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ Bi 208.98	84 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ Po (210)	85 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ At (210)	86 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ Rn (222)

65 (Xe) 4f ¹⁴ 6s ² Tb 158.92	66 (Xe) 4f ¹⁴ 6s ² Dy 162.50	67 (Xe) 4f ¹⁴ 6s ² Ho 164.93	68 (Xe) 4f ¹⁴ 6s ² Er 167.26	69 (Xe) 4f ¹⁴ 6s ² Tm 168.93	70 (Xe) 4f ¹⁴ 6s ² Yb 173.04	71 (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² Lu 174.97
97 (Rn) 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² Bk (247)	98 (Rn) 5f ⁸ 7s ² Cf (249)	99 (Rn) 5f ⁹ 7s ² Es (254)	100 (Rn) 5f ¹⁰ 7s ² Fm (253)	101 (Rn) 5f ¹¹ 7s ² Md (256)	102 (Rn) 5f ¹² 7s ² No ^b (256)	103 (Rn) 5f ¹³ 6d ¹ 7s ² Lr (257)

Figura 1. La tabla periódica de los elementos.

Los primeros elementos formados, que son también los más ligeros, el hidrógeno (**H**) y el helio (**He**), siguen siendo los principales constituyentes del Universo. El hidrógeno se encuentra en una proporción superior a 90% y el helio en alrededor de 8%. Estos elementos son más abundantes en el Sol y en las otras estrellas.

El hidrógeno, el elemento más sencillo y más abundante en el Universo, es un gas más ligero que el aire, por lo que, al llenar un globo con él, habrá necesidad de sujetarlo, o de lo contrario, se elevará por los aires. Esta propiedad fue aprovechada por el hombre para viajar por la atmósfera. Desde finales del siglo **XVIII** se construyeron máquinas voladoras para transportar hombres y equipo. Estas naves, llamadas dirigibles, eran peligrosas por el carácter inflamable del hidrógeno con el que se habían llenado.

El átomo de hidrógeno (**H**), como hemos dicho, el elemento más sencillo del Universo, está formado por un núcleo, llamado protón, que posee una carga positiva, la cual se encuentra neutralizada por un electrón (carga negativa).

El hidrógeno se combina con otros elementos formando moléculas. Cuando se mezcla con oxígeno en un soplete y se le prende fuego, arde produciendo flama de color azul pálido, liberando tal cantidad de calor que funde al hierro con facilidad, por lo que el soplete oxhídrico se usa para cortar láminas de acero. En esta reacción el oxígeno y el hidrógeno se combinan produciendo agua, que se escapa en forma de vapor.

Cuando en un recipiente cerrado se pone una unidad de peso de hidrógeno por 8 de oxígeno y se produce en su interior una chispa eléctrica, se provoca una explosión con formación de agua (Figura 2) sin gases sobrantes, pero si la cantidad de uno de los gases excede a las proporciones antes dichas, quedará el exceso sin reaccionar. A esto se le llama *Ley de las proporciones constantes* e indica que dos átomos de hidrógeno, cada uno de peso atómico 1, reaccionan con un átomo de oxígeno, con peso atómico de 16, produciendo una molécula de agua, con peso molecular de 18.

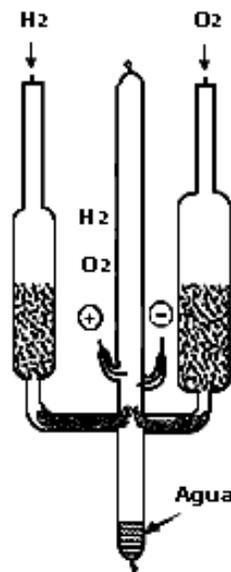
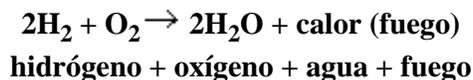


Figura 2. Síntesis de agua partiendo de hidrógeno y oxígeno mediante una chispa eléctrica.



El agua, producto formado en la combustión del hidrógeno, es la molécula más abundante en la Tierra, donde se le encuentra en sus tres estados físicos: como líquido, cubriendo las 3/4 partes de la superficie del planeta, constituyendo mares, ríos y lagos; como vapor, en grandes cantidades en la atmósfera, de donde se precipita como lluvia o nieve, y en su estado sólido (hielo), formando depósitos sobre las altas montañas y cubriendo las regiones polares y en este caso en tal cantidad, que si este hielo se fundiera, el nivel del océano subiría de tal manera que inundaría la mayor parte de las ciudades costeras y gran parte de las tierras bajas, incluyendo países enteros como Holanda, que quedaría totalmente bajo las aguas.

Esta molécula tan singular y abundante es la base de la vida; constituye más de la mitad del peso de los seres vivos. En los organismos marinos se le encuentra en una proporción de más de 90% en peso.

El agua, en estado puro, es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Las propiedades físicas de tan importante sustancia a menudo se toman como tipo: su punto de fusión es de 0° su punto de ebullición a nivel del mar es de 100° la mayor densidad del agua se alcanza a 4°, siendo de 1 g/ml, es decir que cada mililitro pesará un gramo y por lo tanto un litro pesará un kilogramo.

Su calor específico es de 1.00 caloría por grado, por gramo, o lo que es lo mismo, un gramo de agua elevará su temperatura en un grado centígrado cuando se le suministra una cantidad de energía en forma de calor equivalente a una caloría. Por ejemplo, para elevar la temperatura de un litro de agua de 20 a 21° se necesitará suministrar una cantidad de calor equivalente a 1 000 calorías.

Como se ve, las propiedades físicas del agua son casi siempre la unidad. Esto no es accidental, pues siendo el agua el líquido más abundante y accesible y teniendo propiedades tan singulares, no es de extrañar que se le tome como referencia para medir las de otras sustancias, sobre todo si son líquidas.

El agua en estado sólido es menos densa que en forma líquida.

El hecho de que el hielo sea menos denso que el agua líquida tiene gran importancia en el mantenimiento de la vida en las regiones frías del planeta: cuando un lago se congela, sólo lo hace en su superficie, ya que el hielo, por ser menos denso que el agua, flota sobre ella y, por ser mal conductor del calor, aísla las capas más profundas impidiendo su congelación, con lo que se logra mantener las condiciones apropiadas para la conservación de la vida. Este hecho afortunado para la vida en el planeta tiene, sin embargo, consecuencias negativas para lo que llamamos progreso de nuestra civilización, ya que los grandes témpanos de hielo (icebergs) son un peligro para la navegación en aguas frías y han destruido muchas embarcaciones.

Más aún, el agua de las tuberías, que la conducen a nuestras ciudades, se expande al congelarse, rompiendo las tuberías; lo mismo sucede con muchos recipientes rígidos que se rompen cuando se congela el agua que contienen.

LAS GRANDES RESERVAS DE AGUA COMO REGULADORAS DEL CLIMA

Como el agua se calienta o enfría más lentamente que el suelo, sirve para regular la temperatura. Es por eso que en las regiones alejadas del mar se tienen climas más extremos que en las regiones marítimas.

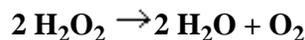
El agua no sólo es abundante en la Tierra, también se ha detectado en otros cuerpos celestes. Por ejemplo, en Marte, aunque ha desaparecido de su superficie dejando vacíos los lechos de lagos y ríos, ya que la escasa gravedad del planeta (40% de la terrestre) no la pudo retener, existe agua congelada en los polos, donde se encuentra mezclada con hielo seco (**CO₂ sólido**). También debe existir debajo de la corteza marciana, ya sea como hielo en invierno o líquida en verano. El cometa Halley la contiene en forma de hielo, como revelan los últimos informes.

**AGUA OXIGENADA,
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO,
H₂O₂**

El agua no es la única combinación que puede obtenerse entre hidrógeno y oxígeno. Existe además un compuesto que tiene un átomo de oxígeno más que el agua. La sustancia así formada es conocida como agua oxigenada, llamada con más propiedad peróxido de hidrógeno, cuya estructura es **H₂O₂ o HO-OH**. Esta sustancia, por tener un átomo de oxígeno extra, es inestable, es decir, libera oxígeno con facilidad para quedar como agua común. El agua oxigenada, por su facultad de liberar oxígeno, mata a muchos microbios por lo que se emplea como desinfectante de heridas, en cuyo contacto se puede ver al oxígeno desprenderse en forma de burbujas.

El agua oxigenada que se consigue en la farmacia como agente desinfectante es muy diluida, contiene sólo tres partes de agua oxigenada por 97 de agua común. El agua oxigenada que se emplea como oxidante en laboratorios químicos es más concentrada, pues contiene 30 partes de **H₂O₂** por 70 de agua ordinaria. Esta solución tan concentrada es peligrosa, puesto que causa quemaduras al ponerse en contacto con la piel.

El agua oxigenada se emplea como decolorante, por lo que se utiliza, entre otras aplicaciones, para aclarar el color del pelo.



PREPARACIÓN DE HIDRÓGENO

El hidrógeno se puede liberar de las moléculas en las que se encuentra combinado con otros elementos. Ya que el agua es el compuesto de hidrógeno más abundante y accesible, será la materia prima en que primero se piense para preparar hidrógeno. Como el agua está formada por átomos de hidrógeno (**H**), cuyo único electrón se pierde con cierta facilidad para dar iones positivos (**H⁺**) al pasar una corriente eléctrica a través del agua, es de esperarse la generación de protones que, por tener carga positiva, serán atraídos hacia el polo negativo (cátodo), donde se descargarán, liberando, por tanto, hidrógeno gaseoso (**H₂**)

Sin embargo, existe el problema de que el agua pura es mala conductora de la corriente eléctrica, por lo que es necesario disolver en ella una base o un ácido fuerte que la hagan conductora. Disolvamos, por ejemplo, ácido nítrico (**HNO₃**), cuyo protón se separa con facilidad (**HNO₃ ⇌ H + NO₃⁻**) de los iones nitrato (**NO₃⁻**). En esta solución, que ahora es conductora, los protones, por tener carga positiva, viajarán hacia el cátodo o polo negativo, donde se descargan generando dos volúmenes de gas hidrógeno, mientras que en el polo positivo o ánodo se desprenderá un volumen de oxígeno gaseoso (Figura 3).

A esta reacción se le conoce como electrólisis, es decir, ruptura de una molécula por medio de electricidad. Tan útil reacción no sólo se emplea para romper la molécula de agua, sino que se usa también para liberar los metales de sus sales.

Los iones metálicos (positivos) viajarán al cátodo en donde se descargan y se depositan, pudiéndose de esta manera recubrir un metal con otro. Por ejemplo, si la sal utilizada es sulfato de níquel, el ión de este metal viajará hacia el cátodo, y si éste es una pieza de hierro perfectamente limpio, se recubrirá con una capa homogénea de níquel que le dará un bonito aspecto y lo protegerá de la oxidación.

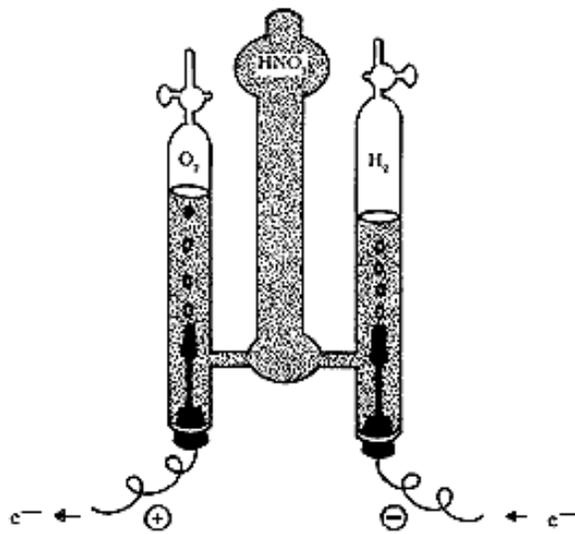
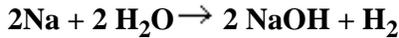


Figura 3. Descomposición del agua por electrólisis.

Por este procedimiento, entonces, se pueden recubrir metales con otros metales que tengan el aspecto o las propiedades físicas o químicas deseadas. Si el recubrimiento se efectúa con cromo, se tendrá el cromado; si es la plata el metal que se usa para recubrir, se tendrá el plateado; y así como estos ejemplos existen otras muchas posibilidades de usar la electrólisis para recubrir un metal con otro. La electrólisis tiene múltiples aplicaciones prácticas, entre otras, la obtención y purificación de metales. Por este procedimiento se purifica el cobre y se obtiene el aluminio.

OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO POR DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA CON METALES

Cuando se arroja un pequeño trozo de sodio metálico sobre agua se efectúa una reacción violenta, se desprende hidrógeno y se genera calor. En ocasiones la reacción es tan violenta, que el hidrógeno liberado se incendia.



PREPARACIÓN DE H₂ EN EL LABORATORIO

Una forma más moderada y fácil de controlar la reacción para preparar hidrógeno es la descomposición de un ácido fuerte por medio de un metal como fierro o zinc (Figura 4).

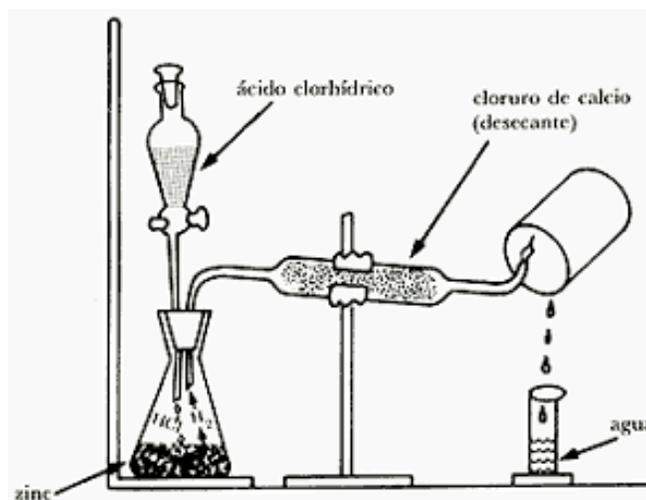
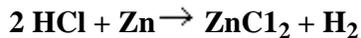


Figura 4. Descomposición de un ácido fuerte por medio de un metal.



En esta reacción el metal desplazará al hidrógeno formando la sal llamada cloruro de zinc. Si el hidrógeno liberado se hace arder en presencia de aire, se podrá condensar el agua formada por la combinación con el oxígeno del aire, justificando así su nombre que en griego significa "el que forma agua".

LA ELECTRÓLISIS EN LA OBTENCIÓN DE METALES

Aluminio

El aluminio es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre. Se le encuentra formando parte de minerales tan comunes como el granito y la mica, las arcillas con las que se hacen los ladrillos, y el caolín con el que se fabrica la porcelana y se recubren los utensilios de cocina para proteger al hierro de la oxidación (peltre).

La bauxita es un óxido de aluminio muy abundante. De él se obtiene el aluminio metálico mediante un proceso electrolítico muy ingenioso, descubierto simultáneamente en los Estados Unidos por Charles M. Hall, joven de 22 años, y en Francia por un joven, también de 22 años, llamado P. L. T. Heroult.

El procedimiento descubierto por ambos jóvenes nacidos en 1863 fue idéntico; ambos se hicieron ricos, disfrutando de ello hasta el fin de sus vidas, que curiosamente aconteció, también en ambos casos, en 1914.

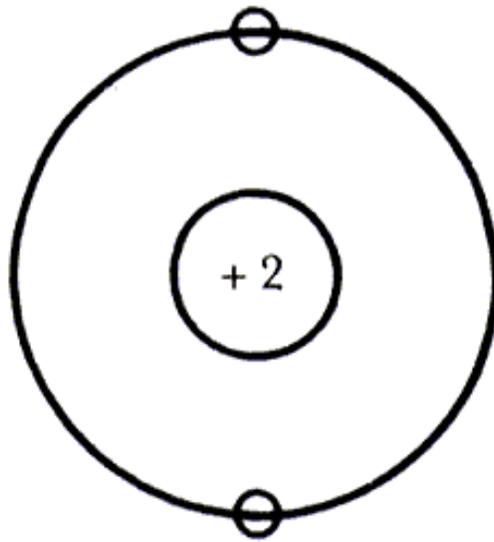
Para obtener aluminio a partir de bauxita, ésta es previamente purificada, y disuelta posteriormente en un baño de criolita fundida. La solución caliente de bauxita (óxido de aluminio o Al_2O_3) en criolita es colocada en una tina de carbón, se insertan en ellas barras de grafito y se hace pasar corriente eléctrica a través del mineral fundido. Como resultado de este proceso, el óxido se descompone y el aluminio se deposita en el fondo de la tina, de donde es posible recuperarlo.

Con este descubrimiento, el aluminio se abarató, y como llegó a ser tan común y sus usos tan variados, hoy en día se le puede ver en todas las cocinas y formando parte de las fachadas de la mayoría de los edificios.

Helio

El helio, segundo elemento más abundante en el Universo y en el Sol, es también un gas ligero que, a diferencia del hidrógeno, es inerte, es decir, no se combina con otros elementos. Como no es inflamable, se usa con plena confianza en el llenado de dirigibles. El helio es tan poco reactivo, que no se combina ni consigo mismo, por lo que se encuentra como átomo solitario **He**, en vez de encontrarse en forma de moléculas diatómicas como el oxígeno (O_2) o el hidrógeno (H_2).

El helio, primero de los gases nobles, tiene en su núcleo dos protones y su única capa electrónica se encuentra saturada con dos electrones, razón por la que es un elemento inerte.



Los demás elementos que existen en el Universo van siendo cada vez más pesados y se encuentran ordenados en la tabla periódica (Figura 1).

Los únicos elementos que no reaccionan y permanecen siempre como átomos solitarios son los gases nobles. Estos elementos se les encuentra, encabezados por el helio, en la última columna de la tabla periódica. Como ya vimos en el caso del helio, son inertes por tener saturada su última capa electrónica; por lo tanto, ni reciben ni dan ni comparten electrones con otros átomos.

LA ATMÓSFERA PRIMITIVA DE LA TIERRA

Cuando en el planeta Tierra aún no se iniciaba la vida, debió de existir una atmósfera muy diferente a la actual.

El científico ruso Oparin supone que estaba compuesta por vapor de agua (H_2O), amoníaco (NH_3) e hidrocarburos, principalmente metano (CH_4), conteniendo también ácido sulfhídrico (H_2S).

Tal mezcla de gases, sometidos a las altas temperaturas y a la radiación ultravioleta que llegaba del Sol sin obstáculos, debieron dar origen a nuevas moléculas orgánicas, como los aminoácidos.

En 1953, el científico estadounidense Miller dio apoyo a la teoría de Oparin mediante un experimento bastante sencillo: puso en un recipiente cerrado vapor de agua (H_2O), metano (CH_4), hidrógeno (H_2) y amoníaco (NH_3), y sometió esta réplica de la atmósfera primitiva a descargas eléctricas durante una semana; al cabo de ese tiempo se habían formado en su interior ácidos orgánicos, distintos aminoácidos y urea. Reacciones como la mencionada debieron realizarse continuamente en la atmósfera de aquel entonces. Más aún, es muy probable que el vapor de agua contenido en ella se disociara por acción de los rayos ultravioleta, dando lugar a la generación de oxígeno. Éste, en ese momento, debido a su reactividad, no llegó nunca a concentraciones apreciables, pues se combinaba con los elementos de la corteza terrestre para dar óxidos. De esta manera oxidó al amoníaco (NH_3), que abundaba en la atmósfera de la Tierra joven, dando como producto agua y nitrógeno. Con el tiempo, la cantidad de este último aumentó gradualmente hasta llegar a predominar en la atmósfera. Por su parte, una cierta cantidad del O_2 que quedaba se combinó entre sí, debido a la acción de la radiación ultravioleta que llegaba del Sol sin encontrar ningún obstáculo, dando lugar a la formación del ozono (O_3), el cual, al formar una capa en la atmósfera superior, impidió posteriormente, en gran medida, la entrada de este tipo de rayos, con lo que se facilitó de esta manera la aparición de la vida vegetal. Ésta, a su vez, por medio de la fotosíntesis, descompuso el CO_2 , con la consiguiente liberación de oxígeno, el que gradualmente se fue acumulando en

la atmósfera hasta propiciar la vida animal. La atmósfera de la Tierra, así, poco a poco se fue acercando a la composición que tiene actualmente y de la que disfrutamos los habitantes de la Tierra, compuesta por 78% de nitrógeno (N_2), 21% de oxígeno (O_2), 0.9% de argón (**Ar**), vapor de agua (H_2O), bióxido de carbono (CO_2), además de otros elementos y moléculas en pequeñas proporciones. En nuestros días el O_2 ha ido en aumento hasta llegar a ser el elemento más abundante de la corteza terrestre: ± 50 por ciento.

Todos los átomos y moléculas mencionados, excepto los gases nobles helio (**He**) y argón (**Ar**), son constituyentes indispensables de los seres vivos.

El resto de los planetas de nuestro sistema solar no son tan afortunados como el nuestro, pues ninguno tiene agua en abundancia ni tiene atmósfera rica en oxígeno.

Las condiciones que existen en los planetas más cercanos al Sol, Mercurio y Venus, son impropias para la vida. En Mercurio existen temperaturas superiores a los 300° en el día e inferiores a 200° bajo cero por la noche. Su atmósfera, constituida por gases inertes como helio, argón y neón, la hace completamente irrespirable para el ser humano, quien moriría por asfixia en poco tiempo.

Venus, por su parte, tiene temperaturas también muy altas y una atmósfera muy ácida, donde predomina el bióxido de carbono, además de ácidos fuertes como el sulfúrico, el clorhídrico, el fluorhídrico y el sulfhídrico.

Los grandes planetas más alejados de la Tierra: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, además de ser muy fríos, tienen una atmósfera en que el principal constituyente es el hidrógeno, aparte de cantidades apreciables de helio y metano. Tienen, por consiguiente, atmósferas reductoras impropias para la vida humana.

COMPONENTES DEL CUERPO HUMANO

Los principales elementos de que está formado el cuerpo humano son carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H) y nitrógeno (N), elementos que son también los principales componentes de otros seres vivos, desde los organismos unicelulares hasta los enormes seres pluricelulares, como las ballenas y los grandes árboles, ejemplo de los cuales tenemos el gran ahuehuate de Santa María del Tule, cuyo tronco mide más de 50 metros de circunferencia.

La molécula más abundante en los seres vivos es el agua. En el ser humano llega a ser más de 70% de su peso. De manera que si un hombre de 100 kg de peso fuese desecado, su materia seca pesaría tan solo 30 kg. Ahora bien, si esta materia restante fuese incinerada, la mayor parte se convertiría en bióxido de carbono que regresaría a la atmósfera. Lo mismo sucede con el nitrógeno de sus proteínas, las que al ser convertidas en óxidos de nitrógeno pasarían a la atmósfera. Como material sólido quedarían las cenizas, que son óxidos provenientes de los componentes inorgánicos del cuerpo, entre los que encontraríamos el óxido de calcio o cal viva, además de óxidos de sodio, potasio, hierro y fósforo.

De esta manera, todos los elementos que fueron tomados de la Tierra y de la atmósfera para crear un ser vivo, regresan a su punto de origen, donde quedan en disposición de ser reutilizados.

Los elementos que forman parte de los seres vivos no sólo son importantes constituyentes de nuestro planeta, lo son también de otros cuerpos celestes, encontrándose incluso en los espacios interestelares.

REFERENCIAS

1. L. Estrada, "La Historia del Universo", en *Naturaleza* 13 (5), 217 (1982).
2. R. Carbó y A. Ginebreda, "Interstellar Chemistry", en *J. of Chem. Ed.* 62 (10), 832 (1985).
3. R. H. Gammon, "Chemistry of Interstellar Space", en *Chem. and Eng. News* 56 (40), 21(1978).
4. R. D. Brown, "The New World of Galactochemistry", en *Chem. in Brit.* 9, 450 (1973).
5. B. Mason, "Chemistry of the Moon's Surface", en *Chem. in Brit.* 9, 456 (1973).
6. R. Dagani, "The Planets, Chemistry in Exc dc Places", en *Chem. and Eng. News*, 10 de agosto de 1981, p. 25.
7. R. Ponamperuman y P. Molton, "Origen de la vida", en *Información Científica y Tecnológica*, CONACYF 3, 5 (1981).
8. P. Ambruster, "The Discovery of Element 108", en *Endeavour* 9, 77 (1985).
9. I. Asimov, "Building Blocks of the Universe", en *Abelard-Shuman*, Londres, Nueva York (1957).
10. A. Pisant, "La tabla periódica", en *Naturaleza* 15, 93 (1984).
11. I. Fierro, "El origen de las plantas", en *Naturaleza* 12,337 (1981).
12. J. Davis "Voyage to the Tilted Planet", en *New Scientist*, 23 de junio de 1986, p. 39.



II. EL ÁTOMO DE CARBONO, LOS HIDROCARBUROS, OTRAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS, SU POSIBLE EXISTENCIA EN LA TIERRA PRIMITIVA Y EN OTROS CUERPOS CELESTES

LA TEORÍA de la gran explosión como origen del Universo concibe la formación del átomo de carbono (peso atómico = 12) en el interior de las estrellas mediante la colisión de tres átomos de helio (peso atómico = 4).

La generación del carbono y de los átomos más pesados se dio en el interior de las estrellas antes de la formación de nuestro Sistema Solar, cuyo nacimiento, a partir de materiales cósmicos, polvo y gas provenientes de los restos de estrellas que explotaron, se remonta a un pasado inimaginable: algo así como 4 600 millones de años.

Cuando la tenue nube de polvo y gas fue comprimida por la onda de choque producida por la explosión de una estrella de las llamadas supernovas, se formó la nebulosa en cuyo centro la materia se concentró y calentó hasta producir nuestro Sol.

Rodeando al Sol, la materia fue siendo cada vez mas fría y sus elementos constitutivos más ligeros. Con este material se formaron los planetas y sus lunas.

La diferente composición química del cuerpo de los planetas y de su atmósfera se debe en parte a que se formaron en regiones de la nebulosa con distintas temperaturas, por lo que los planetas interiores, Mercurio, Venus, Tierra y Marte, son rocosos, con gran proporción de metales, óxidos y silicatos. En cambio, los planetas exteriores contienen más gases. Así, los planetas interiores han perdido alrededor de 98% de su peso original por haber estado formados de material volátil como hidrógeno y helio, mientras que los planetas lejanos conservan enormes cantidades de hidrógeno y helio.

La Tierra, el tercer planeta del Sistema Solar, tuvo la fortuna de no ser tan caliente como Mercurio y Venus, ni tan frío como los planetas más alejados del Sol. Contiene agua en abundancia y carbono en cantidades también relativamente abundantes, además del resto de los elementos estables, es decir todos los elementos de la tabla periódica hasta el número 92, metal conocido con el nombre de uranio (Figura 1).

Los elementos del 93 al 109, llamados transuránicos, han sido preparados artificialmente por el hombre, mediante colisiones entre distintos átomos.

Cuando la colisión se efectúa entre átomos y neutrones se obtienen átomos con idéntico número atómico, pero diferente peso molecular, a los que se les llama isótopos. El primero de ellos, el fósforo 30, fue preparado por Frédéric e Irene Joliot Curie en 1935.

Desde entonces, el hombre ha preparado más de 1 900 isótopos de diferentes elementos, muchos de ellos radiactivos.

Cualquier elemento natural o sintético es identificado por su número atómico **Z**, que corresponde al número de protones que lleva en su núcleo. Cada elemento puede tener un número variable de isótopos. El hidrógeno, que posee un protón y un electrón, tiene además un isótopo estable, cuyo núcleo está formado por un protón y un neutrón. A este isótopo con peso atómico de dos se le llama deuterio.

El uranio, que tiene número atómico de 92, posee 92 protones en su núcleo. Si además contiene 143 neutrones, estaremos en presencia del isótopo uranio 235 ($143 + 92 = 235$); cuando el número de neutrones es de 146, el isótopo de uranio será el 238.

Los diferentes isótopos (del griego, mismo lugar) de un elemento se llamarán, en general, de la misma manera y ocuparán el mismo lugar en la tabla periódica de los elementos, además de que tendrán idénticas propiedades químicas dado que su configuración electrónica permanece estable.

El carbono, elemento base de la vida, se encuentra en la corteza terrestre en una proporción de 0.03%, ya sea libre o formando parte de diversas moléculas. Como era de suponerse, el carbono se encuentra también en los demás planetas de nuestro Sistema Solar, ya que todos fueron formados a partir de la misma nebulosa. Se ha comprobado su existencia en meteoritos y en las muestras de piedras traídas de la Luna.

En la Tierra se le encuentra: libre en forma de diamante o de grafito; combinado, formando parte de diversas moléculas orgánicas como la celulosa de la madera, el algodón y el azúcar; formando parte de sustancias inorgánicas como el mármol, que químicamente es el carbonato de calcio (CaCO_3), el bicarbonato de sodio o polvo de hornear (NaHCO_3) y, en la atmósfera terrestre, como bióxido de carbono (CO_2), de donde las plantas lo toman y lo transforman, con la ayuda de la energía solar, en sustancias orgánicas que incorporan a su organismo. Estas sustancias serán posteriormente utilizadas por algunos de los seres del reino animal como alimento.

Éstos, a su vez, oxidarán la materia orgánica, liberando bióxido de carbono (CO_2) para completar el ciclo de la vida.

EL CARBONO EN ESTADO LIBRE

El diamante es un cuerpo duro y transparente en el que cada átomo de carbono se encuentra unido a otros cuatro, localizados en los vértices de un tetraedro (Figura 5(A)). El grafito (Figura 5(B)) es otra forma alotrópica del carbono.

Alotropía es una palabra griega que significa variedad. El diamante es, por tanto, uno de los alótropos del carbono. Debido a las diferencias que existen en las uniones entre los átomos del diamante y los del otro alótropo del carbono, el grafito, ambos tienen propiedades completamente diferentes. Así, mientras el primero es el más duro de los materiales conocidos, el segundo es un material blando que se usa como lubricante y para escribir o dibujar, es decir, es el material de que está hecho el corazón de los lápices.

De la misma forma, el diamante es más pesado que el grafito, pues la densidad del primero es de **3.5 g/cm³** y la del segundo de **2.3 g/cm³**.

Como ambas sustancias están formadas tan sólo por átomos de carbono, como antes veíamos, la diferencia en propiedades físicas se debe al modo de unión entre sus átomos.

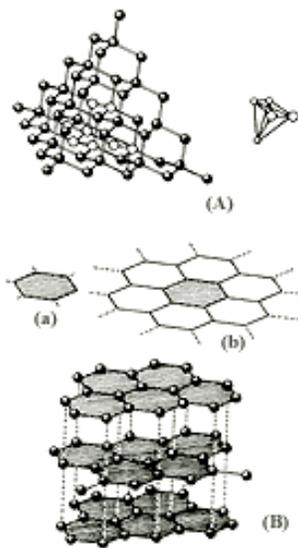


Figura 5.

En el diamante, cada átomo de carbono está rodeado por otros cuatro átomos acomodados en los vértices de un tetraedro (Figura 5(A)). En el grafito, en cambio, los átomos de carbono están fuertemente unidos a tres átomos vecinos, formando capas de hexágonos. En este último caso las diferentes capas se encuentran unidas entre sí por fuerzas débiles (fuerzas de Van der Waals), lo que hace que una capa pueda deslizarse sobre la otra, dándole al grafito la propiedad de lubricante, propiedad que es aprovechada para evitar el rozamiento entre dos superficies duras que se deslizan una sobre la otra. Por tanto, las marcas que deja un lápiz al escribir están formadas por las capas horizontales de hexágonos ilustradas en la figura 5(B).

Por otra parte, a diferencia del diamante, el grafito es un buen conductor de la energía eléctrica.

Esta propiedad, rara para un elemento no metálico, se puede deducir de su estructura (Figura 5(B)), en la que cada una de las tres uniones entre átomos (representados en la figura por líneas) están formadas por un par de electrones, es decir cada átomo ha empleado tres de sus cuatro electrones de valencia, quedándole por lo tanto un electrón libre que puede moverse a través de la molécula favoreciendo la conducción de la electricidad.

COMPUESTOS DEL CARBONO

Como hemos visto, el átomo de carbono, por tener cuatro electrones de valencia, tiende a rodearse por cuatro átomos, ya sean del propio carbono, como en el diamante, o de diferentes elementos, con los que comparte cuatro de sus electrones para así completar su octeto, que es lo máximo que puede contener en su capa exterior.

PRIMEROS HIDROCARBUROS

La Tierra, al igual que los demás planetas, tuvo en su primera época una atmósfera rica en hidrógeno (H_2), por lo que el carbono (C) reaccionó con él formando moléculas de hidrocarburos (carbono hidrogenado). Como el hidrógeno contiene un solo electrón de valencia, cada átomo de carbono se une a cuatro de hidrógeno formando el más sencillo de los hidrocarburos, el metano (CH_4). El metano es una molécula

estable en la que las capas electrónicas de valencia, tanto del hidrógeno como del carbono, están saturadas, el primero formando un par como en el helio y el segundo un octeto como en el neón.

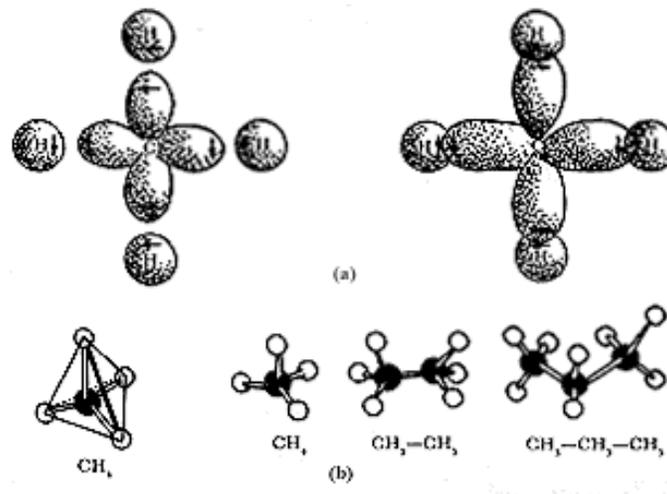


Figura 6. (a) Formación del metano, orbitales atómicos y moleculares. (b) representación de hidrocarburos con modelos.

En el metano, los cuatro átomos de hidrógeno se encuentran acomodados en los vértices de un tetraedro (Figura 6), arreglo similar al ya mencionado para el diamante.

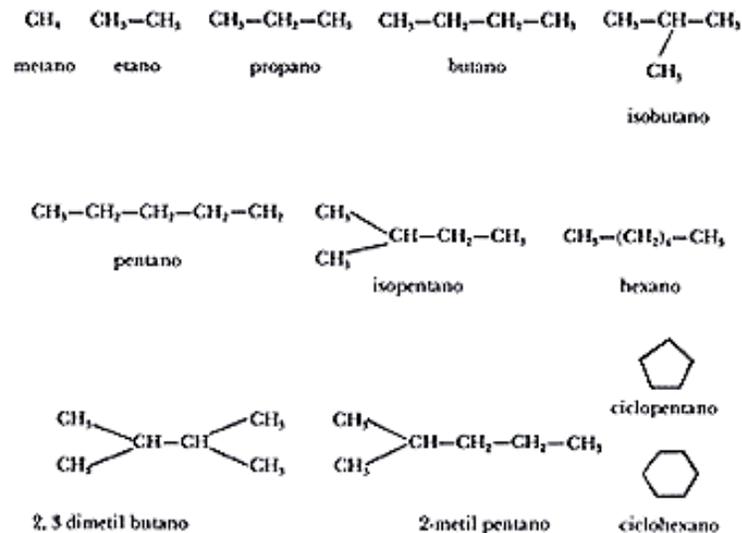


Figura 7.

Debido a que el carbono tiene la propiedad de unirse entre sí formando cadenas lineales, ramificadas o cíclicas, sus compuestos forman una serie muy grande de sustancias con fórmulas precisas (Figura 7), de las que se conocen ya más de dos millones de diferentes sustancias orgánicas y cada año se suman muchos nuevos compuestos orgánicos de origen natural o sintético.

Los hidrocarburos lineales tendrán la fórmula $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Así, por ejemplo, el hidrocarburo lineal de 5 átomos de carbono o pentano $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ será $\text{C}_5\text{H}_{(2 \times 5) + 2}$ o sea C_5H_{12} . Si el hidrocarburo es ramificado, como por ejemplo el isobutano, su fórmula es también

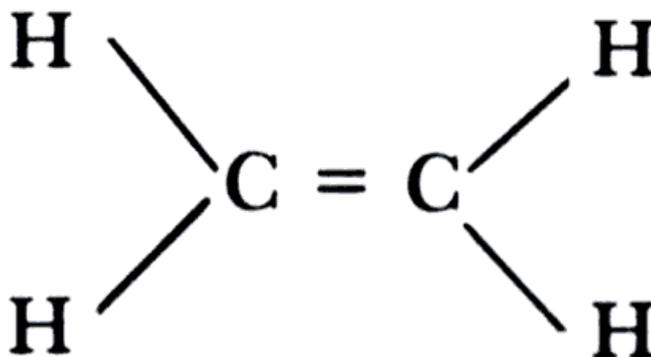


No así en los hidrocarburos cíclicos como en el ciclopentano en que se pierden dos hidrógenos para poder usar la valencia vacante en la unión **C—C** que cierra el ciclo. Los hidrocarburos cíclicos se representan esquemáticamente por medio de polígonos: el ciclopentano por medio de un pentágono, y el ciclohexano por un hexágono, y cada ángulo representa un **CH₂**.

Los cuatro primeros hidrocarburos lineales se llaman: metano (**CH₄**), etano (**C₂H₆**), propano (**C₃H₈**) y butano (**C₄H₁₀**), y son gases inflamables. Los siguientes tres: el pentano (**C₅H₁₂**), el hexano (**C₆H₁₄**) y el heptano (**C₇H₁₆**) son líquidos inflamables con bajo punto de ebullición. Los hidrocarburos gaseosos mencionados forman parte del gas doméstico, mientras que los líquidos constituyen las gasolinas.

Los hidrocarburos con mayor número de átomos de carbono son líquidos de punto de ebullición cada vez más elevado hasta llegar a 14 átomos de **C**, que es el primer hidrocarburo sólido. Todos los hidrocarburos con más de 14 átomos de **C** serán sólidos a temperatura ambiente. Simplemente recordemos, como ejemplo, las velas de parafina, que están formadas por hidrocarburos con un número elevado de átomos de carbono.

Las cuatro valencias del átomo de carbono pueden también ser satisfechas de manera diferente a las ya vistas: dos átomos de carbono pueden unirse entre sí, usando no sólo una valencia, sino dos y aun tres. En el primer caso tendremos las moléculas llamadas olefinas o alquenos, entre las que la más sencilla es el etileno:



Estas moléculas son muy útiles en química orgánica, ya que al existir la tendencia de los átomos de carbono a quedar unidos entre sí por una sola valencia, quedan disponibles las valencias extras para unirse a un hidrógeno u otros átomos, dando hidrocarburos saturados, o hidrocarburos sustituidos, como alcoholes, éteres o aminas, etc. (Figura 8).

Existe también la posibilidad de que dos átomos de carbono unan tres de sus cuatro valencias, formando así sustancias llamadas alquinos, entre las que la más sencilla es el acetileno:

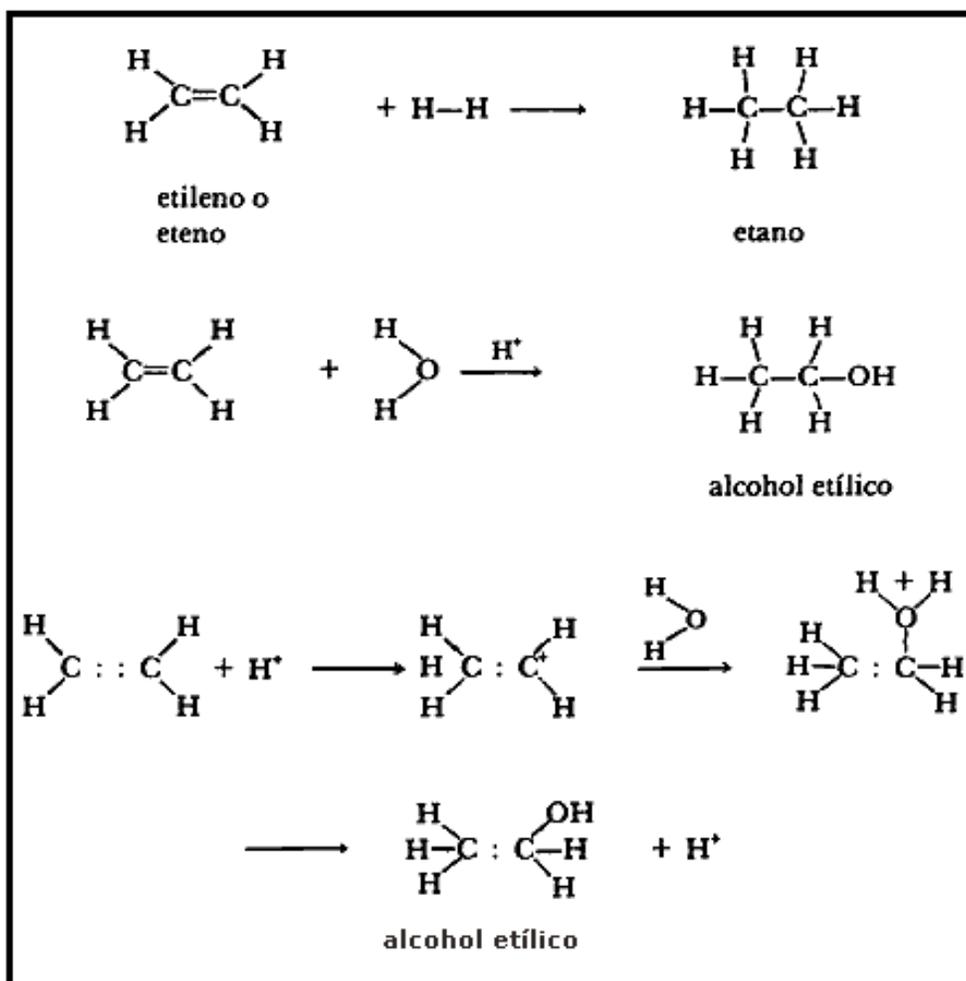


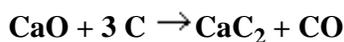
Figura 8.

El acetileno se ha encontrado en meteoritos y muestras de la Luna, en donde se halla combinado con metales formando sustancias duras, llamadas carburos.

Los carburos metálicos se forman por interacción entre el átomo de carbono y un óxido metálico a elevadas temperaturas. Los metales alcalinos (como Sodio) forman carburos que pueden representarse como M_2C_2 (**M = metal**) y los alcalino térreos (como calcio) forman carburos representados por MC_2 . Ambos producen acetileno, $\text{CH}\equiv\text{CH}$, por reacción con agua. En cambio, los carburos de berilio o aluminio producen metano (CH_4) por hidrólisis.



El más conocido de los carburos es el carburo de calcio, CaC_2 . Esta sustancia se prepara por reacción entre cal (CaO) y carbón a alta temperatura.



El carburo de calcio es el hidrocarburo más simple en el que cada átomo de carbono intercambia tres valencias formando lo que se conoce como triple ligadura. El carbono de calcio reacciona con agua desprendiendo acetileno.



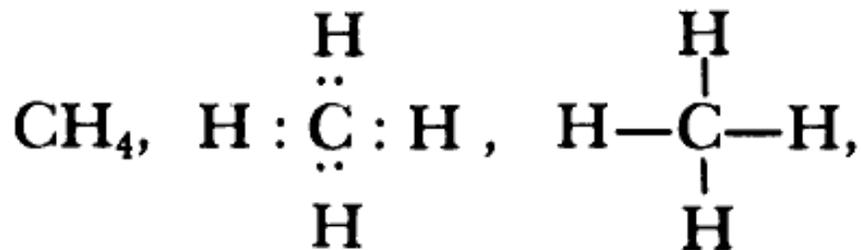
acetileno

El acetileno se usa en combinación con el oxígeno en el soplete oxiacetilénico, el cual sirve para soldar o cortar objetos de hierro. Debido a que arde con luz brillante, el acetileno se usa también en lámparas de alumbrado.

Los átomos de carbono no solo se pueden combinar entre sí y con el hidrógeno para dar hidrocarburos, sino que también pueden combinarse con muchos elementos, principalmente con oxígeno y con nitrógeno, para transformarse en los compuestos orgánicos que son la base de la vida.

Esta habilidad del carbono de combinarse entre sí y con otros átomos, explica el porqué 9 de cada 10 entre los cientos de miles de sustancias conocidas contengan carbono.

METANO

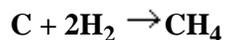


El metano, el más simple de los hidrocarburos, es el resultado de la unión de un átomo de carbono con cuatro hidrógenos. En éste, como en el diamante, las cuatro valencias van dirigidas hacia los vértices de un tetraedro (Figura 6).

El metano es un gas volátil e inflamable que, por su alto contenido de calor, 13.14 Kcal/g, es un combustible eficaz. Es el principal componente del gas natural, en donde se encuentra junto con otros hidrocarburos gaseosos como etano, propano y butano. Este gas, también llamado gas de los pantanos, por formarse debido a la acción de microorganismos sobre la materia orgánica, también se produce en el estómago de los mamíferos cuando éstos tienen una mala digestión.

EL METANO Y OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS EN LOS CUERPOS CELESTES

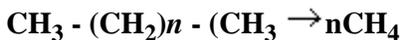
El metano formó parte de la atmósfera primitiva de la Tierra, donde se generó por la acción reductora del hidrógeno sobre el carbono. Era el gas predominante en la atmósfera terrestre de aquel entonces.



Actualmente el metano forma parte de la atmósfera de los planetas fríos que se encuentran más allá de Marte en nuestro Sistema Solar, es decir Júpiter, Neptuno, Urano y Plutón.

Júpiter

Las naves espaciales Pionero y Viajero I revelaron un mundo fascinante en que las capas de distintos colores se suceden en este enorme planeta, cuyo diámetro es 11 veces el de la Tierra. Como el metano se conserva en estado gaseoso, aun a 160° bajo cero, y solidifica sólo a -182° , se encuentra en forma de gas en la atmósfera de Júpiter, donde se transforma químicamente con la ayuda de la radiación ultravioleta del Sol. Las nuevas moléculas de hidrocarburos superiores más pesadas que el metano se licuan y llegan a solidificar precipitándose en forma de lluvia o nieve durante las tormentas eléctricas que se suceden con frecuencia en ese gigante del Sistema Solar. Los hidrocarburos superiores, constituidos por cadenas de átomos de carbono, al caer sobre el océano de hidrógeno líquido que cubre la superficie de Júpiter, son reducidos nuevamente al hidrocarburo más simple y más estable que es el metano, el que vuelve a incorporarse a la atmósfera joviana.



Saturno

El Viajero I llegó a Saturno en noviembre de 1980, después de su inspección por Júpiter y sus satélites, mostrando un enorme planeta, aunque algo menor que el anterior. Este planeta, que se distingue de los demás por su bello e impresionante sistema de anillos, posee una atmósfera en la que predomina el hidrógeno, aunque es rica también en metano, etano y amoníaco. Debido a la baja temperatura del planeta, el etano y el amoníaco se encuentran en estado sólido, y el helio se condensa cayendo como lluvia sobre la superficie del planeta.

Titán. Con este nombre se conoce a la mayor luna de Saturno, un cuerpo celeste con tamaño comparable al de la Tierra.

De gran importancia fueron los hallazgos de la primera misión del Viajero I, pues su espectrofotómetro de infrarrojos encontró que la atmósfera de este cuerpo celeste está formada por 80% de nitrógeno y por sustancias orgánicas como metano (CH_4), etano ($\text{CH}_3 - \text{CH}_3$), acetileno ($\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$) y ácido cianhídrico ($\text{HC} \equiv \text{N}$).

Debido a las bajas temperaturas que se alcanzan en Titán, 93°K (-180°C) o menos, el metano puede existir en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso. En las capas superiores de Titán desciende la temperatura y el metano se congela formando pequeñas partículas sólidas. El metano produce en Titán algo similar a nuestras lluvias y nevadas.

Química del metano en las condiciones de Titán. Debido a que la atmósfera de Titán contiene también sustancias orgánicas provenientes de la reacción entre el metano y el nitrógeno, Titán se convierte en un excelente laboratorio químico extraterrestre donde se llevan a cabo reacciones químicas por medio de las cuales se forman ácido cianhídrico (HCN), ciano acetileno, etanopropano, etileno y metil acetileno. Muchas de estas sustancias, como el ácido cianhídrico, no habían sido detectadas en la atmósfera de otros planetas, aunque sí en el espacio interestelar.

La presencia de sustancias orgánicas nitrogenadas como el ácido cianhídrico y el ciano acetileno son de gran importancia científica, dado que son los intermediarios clave en la formación de los aminoácidos y ácidos nucleicos que son los precursores de la vida en la Tierra. Las demás lunas de Saturno no tienen atmósfera.

Urano y Neptuno

Son gigantescos planetas de color verde azulado, más fríos y densos que Saturno. La atmósfera de estos planetas contiene, además de hidrógeno, metano, identificado por su espectro de infrarrojo.

Urano. Es un gran planeta de color verdoso, con 51 000 km de diámetro (4 veces el de la Tierra), que circunda al Sol cada 84 años terrestres. Se encuentra a una distancia del Sol de 2 868 600 000 km (dos mil ochocientos sesenta y ocho millones seiscientos mil kilómetros), o sea 19 veces más alejado de lo que lo está la Tierra. Por tanto, a diferencia de los ocho minutos que tarda en llegar la luz solar a la superficie de la Tierra, a Urano llega después de poco más de dos horas y media. Esta enorme distancia convierte a Urano en un planeta difícil de estudiar.

Urano es un gigante gaseoso con un corazón rocoso, con 3 o 4 veces la masa de la Tierra, cubierto de una capa de agua, amoníaco y metano (H_2O , NH_3 y CH_4) de unos $\pm 8\,000$ km de espesor. Sobre este vasto océano existe una atmósfera de hidrógeno y de helio, con una considerable cantidad de metano.

Es precisamente el metano el que da un aspecto verdoso al planeta, ya que las ligaduras **C—H** absorben la luz roja. Las capas superiores de esta atmósfera se encuentran a -213 °C . La duración del día es aproximadamente de 114 horas terrestres.

Urano, a semejanza de Saturno, está rodeado de anillos, aunque éstos están constituidos por un material oscuro que refleja muy poco de la luz solar que reciben, por lo que quizá estén formados por sustancias derivadas del carbono.

Neptuno. Es, como Urano, un gigante verdoso con aproximadamente las mismas dimensiones y con una composición química parecida.

Plutón

Además de ser el más lejano y más pequeño de los planetas del Sistema Solar, es también el menos denso. Su composición química, según las últimas observaciones, queda así: agua sólida 74%, metano 5% y roca 21%.

Plutón, a pesar de ser tan pequeño, tiene una luna. Sin embargo, la gran lejanía impide hacer deducciones de la química de este pequeño y apartado cuerpo celeste.

La posibilidad de reacciones químicas entre las moléculas que forman la atmósfera de estos planetas es, debido al frío, muy restringida. El hidrógeno, que forma 90% de las atmósferas de Urano y Neptuno, no puede arder por la falta de oxígeno. Tampoco el metano, que se asemeja al gas de nuestras estufas, puede arder, pues falta el oxígeno necesario para que se efectúe la reacción de oxidación que sucede cuando encendemos nuestra estufa o el calentador de nuestro baño.

El otro elemento que se encuentra en la atmósfera de Urano y Neptuno es el helio, del que ya sabemos que es inerte. Es un elemento que por más que lo calentemos en presencia de oxígeno no arde, pues por tener

completa su órbita de valencia no reacciona ni consigo mismo; es por esto que siempre se encuentra como átomo solitario (**He**).

En la atmósfera de Plutón se ha detectado metano, además de los gases nobles, argón y neón, razón por la cual su atmósfera es inerte. Por tanto, el metano en esas condiciones no podrá arder dando bióxido de carbono, agua, luz y calor, como lo hace en la Tierra.

LOS COMETAS

En los helados confines del Sistema Solar existen congelados millones de pequeños cuerpos celestes formados de hielo, gas y polvo. Cuando alguno de ellos es perturbado por el paso de una estrella, se pone en movimiento y, al recibir el calor del Sol, cobra vida, libera gases y polvo e inicia un viaje describiendo una órbita elíptica alrededor del Sol. A veces invierte miles de años en terminar este viaje. Mientras más se acerca al Sol en su recorrido, el cometa libera más materia, átomos y moléculas que, arrastradas por el viento solar, constituyen su cauda, la que, debido a dicho impulso, siempre se verá opuesta al Sol. Si en un camino alguno de los cometas se acerca demasiado al Sol, toda su materia se evapora, dando un espectáculo de luz antes de que sus átomos y moléculas pasen a formar parte de la materia invisible del Universo.

Las órbitas de algunos de ellos son alteradas por influencia de los grandes planetas, convirtiéndose en cometas de periodo corto, como es el caso del cometa Halley, que pasa por las cercanías de la Tierra cada 76 años.

Los cometas, después de haber sido observados a simple vista o por medio de telescopios y estudiados espectroscópicamente, se han descrito como pequeños cuerpos de hielo que mientras brillan a la luz del Sol emiten gases y polvo, y cuyas moléculas se descomponen en iones y radicales por acción del viento y radiación ultravioleta solares.

Aprovechando la ocasión en que el cometa Halley pasó por las cercanías de nuestro planeta en marzo de 1986, los científicos de todo el mundo unieron sus esfuerzos para estudiarlo, tanto para poder confirmar o rectificar los anteriores conceptos, como para desentrañar muchos de los misterios que aún lo rodean.

EL COMETA HALLEY

Las naves espaciales enviadas para su exploración y estudio por japoneses, soviéticos y europeos confirmaron muchos de los conceptos previamente establecidos, pero además revelaron datos sorprendentes, muchos de los cuales aún no han sido suficientemente estudiados.

De gran interés fue descubrir que su núcleo es alargado, con la forma de un cacahuete ennegrecido; que sus dimensiones son mayores de las que se habían supuesto. Tiene 15 kilómetros de largo por 10 de ancho en los lóbulos y siete en la parte más angosta, y que la superficie es intensamente oscura, una de las más oscuras que se conocen en cuerpos celestes, comparable a los anillos de Urano (tan solo refleja 4% de la luz solar que ilumina).

Así, ahora se sabe que el núcleo no es una brillante bola de hielo, sino una oscura bola de hielo y polvo cubierta de una delgada capa de un material oscuro constituido probablemente por derivados de carbono.

El espesor de la película es de solo 1 cm, según los científicos soviéticos que se basaron en datos enviados por las naves Vega 1 y Vega 2. Esta capa, aunque delgada, es suficiente para evitar en gran medida el reflejo de los rayos solares y al mismo tiempo la evaporación del agua.

Los sensores infrarrojos del Vega 1 detectaron una temperatura de 59°, temperatura más que suficiente para que el hielo sublime.

La costra tiene perforaciones por donde salen chorros de gas y polvo que se proyectan al espacio. Cuando menos siete chorros grandes y algunos pequeños se detectaron en la superficie del cometa.

Vega 1 determinó que se eliminan 10,000 kg de polvo cada segundo durante el máximo de la intensidad.

Los chorros de gas y polvo están constituidos principalmente por vapor de agua (80% en volumen), por lo que por este concepto se eliminan 5 000 kg de agua por segundo. Se encontró que junto con el agua se eliminan grandes cantidades de amoníaco (NH_3 , 10%) y metano (CH_4 , 7%), así como bióxido de carbono (CO_2 , 3.5%).

Los espectrómetros de masa instalados a bordo de la nave europea Giotto detectaron la presencia de una gran cantidad de partículas cargadas provenientes de la ruptura de moléculas tales como $\text{H} - \text{O}^+$, H^+ , $\text{H} - \text{O}^-$, H^- . También detectaron la presencia de iones de carbono, oxígeno, sodio, azufre y fierro.

La nave japonesa Susei, que pasó el 8 de marzo a una distancia de 100 000 kilómetros del núcleo, encontró que el cometa respira hidrógeno: cada 53 horas sube la intensidad de hidrógeno debido al periodo de rotación, ya que en un momento dado presenta la cara que es sensible al Sol, pero al girar muestra la otra cara, dejando de eliminar hidrógeno.

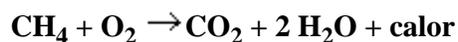
COMPUESTOS OXIGENADOS DEL CARBONO

Conforme la atmósfera de la Tierra fue adquiriendo oxígeno, éste se fue consumiendo en la oxidación de los distintos elementos y moléculas que existían en ella. Al no haber suficiente oxígeno atmosférico, no había posibilidad de combustión; tanto el hidrógeno como los hidrocarburos podían calentarse a elevadas temperaturas sin producción de fuego.

Fueron necesarios muchos millones de años para que la cantidad de oxígeno atmosférico se elevara lo suficiente para poder sustentar la combustión. Ésta es una reacción de oxidación en la que el hidrógeno se combina con el oxígeno del aire produciendo su óxido, que es el agua. En esta reacción violenta se produce, además, luz y calor.

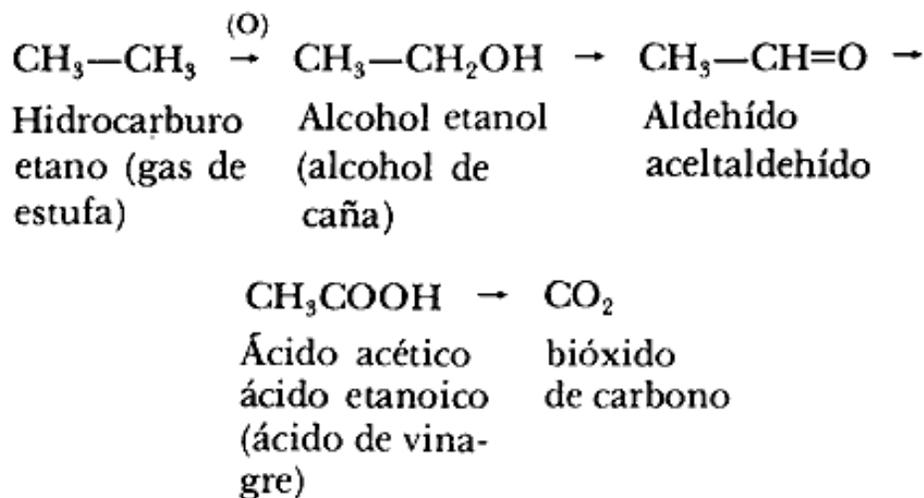


Cuando prendemos fuego a un hidrocarburo líquido o mezcla de hidrocarburos como la gasolina vemos que el líquido desaparece totalmente. Lo que sucede en realidad es que, al combinarse con el oxígeno atmosférico, sus átomos de carbono producen el gas bióxido de carbono, mientras que sus átomos de hidrógeno forman vapor de agua, y ambos óxidos en que se transformó el hidrocarburo ascienden a la atmósfera sin dejar huella del líquido combustible.



La oxidación de un hidrocarburo no es siempre total; existen estados intermedios con incorporación parcial de oxígeno. Las moléculas provenientes de estas oxidaciones parciales son de gran importancia para la vida.

Los pasos sucesivos en la oxidación del gas etano serán las siguientes:



Analicemos algunos de los compuestos oxigenados del carbono.

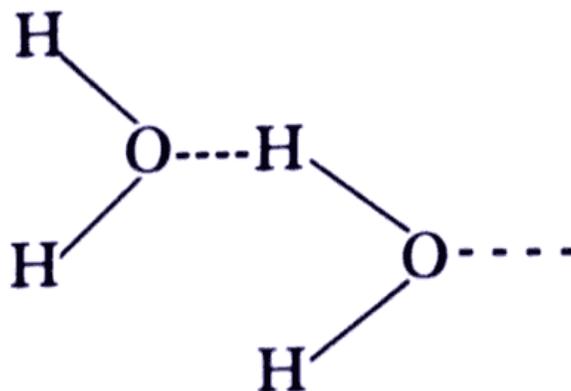
Cuando se sustituye uno de los hidrógenos de un hidrocarburo por un grupo oxhidrilo (**OH**) se obtiene un nuevo grupo de sustancias a las que se llama alcoholes.

Los alcoholes, cuyo grupo característico es el oxhidrilo (**OH**), poseen propiedades parecidas a las del agua (**HOH**), sobre todo en los de más bajo peso molecular. Son miscibles con agua y tienen alto punto de ebullición, que con frecuencia es varios cientos de grados superior al del hidrocarburo del que derivan.

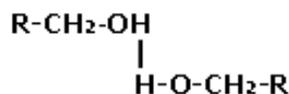
Por ejemplo, el metano, CH_4 , es gas aún a 162 grados bajo cero, mientras que su alcohol correspondiente, el metanol (CH_3OH), es un líquido con punto de ebullición de 64.5° , es decir los puntos de ebullición de ambas sustancias difieren en 226.5° .

La diferencia entre el etano (CH_3CH_3) y el alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), aunque sigue siendo muy grande (166°), disminuye sensiblemente con respecto a la del par metano/metanol. A medida que aumenta el peso molecular de los alcoholes, las diferencias de punto de ebullición con respecto a sus hidrocarburos van siendo menores (cuadro 1). Puesto que al aumentar el número de átomos de carbono, la molécula va teniendo cada vez más características de hidrocarburo y diferenciándose cada vez más del agua, es por esto que los alcoholes con muchos átomos de carbono y un solo oxhidrilo no son solubles en agua.

La explicación de los altos puntos de ebullición en los alcoholes es la misma que se ha dado para el agua, es decir existen puentes de hidrógeno que ligan varias moléculas entre sí.



De la misma manera, los átomos de oxígeno de una molécula de alcohol atraen a los hidrógenos de una segunda molécula de alcohol. Esta asociación entre moléculas explica tanto la solubilidad en agua de los alcoholes de bajo peso molecular, como su relativamente alto punto de ebullición.



M ETANOL, ALCOHOL METÍLICO O ALCOHOL DE MADERA

El alcohol metílico, el más sencillo de los alcoholes, tiene un solo átomo de carbono, y su preparación difiere un poco de la correspondiente a los demás alcoholes. El método más antiguo consiste en una destilación seca de la madera, por lo que se le conoce como alcohol de madera.

Este procedimiento es el empleado por los fabricantes de carbón vegetal, sólo que ellos lanzan a la atmósfera todos los componentes volátiles como el metanol y la acetona. En la actualidad existen métodos más baratos y eficientes para su preparación.

El alcohol metílico es venenoso. Si se ingiere, se respiran sus vapores o se expone la piel a su contacto por un periodo prolongado, puede provocar ceguera y aun la muerte, por lo que es necesario ser muy cuidadosos para no confundirlo con el alcohol etílico.

El alcohol metílico se usa ampliamente como disolvente en química orgánica, es decir como medio en que se llevan a cabo muchas reacciones químicas.

ALCOHOL ETÍLICO

Es quizá el primer disolvente químico preparado por el hombre. Se produce en la fermentación de líquidos azucarados. Es usado como disolvente para pinturas, barnices, lacas y muchos otros materiales industriales. También se utiliza ampliamente como desinfectante.

Debido a que también se emplea ampliamente como ingrediente de bebidas alcohólicas, cuando se vende para usos industriales se le agrega una sustancia que le comunica mal olor o mal sabor. Al alcohol así preparado se le llama alcohol desnaturalizado. El alcohol industrial contiene normalmente 95% de alcohol y tiene un punto de ebullición de 78°. La eliminación del 5% de agua restante para llegar a obtener el alcohol absoluto es muy difícil.

Como dijimos anteriormente, conforme aumenta el número de átomos de carbono en un alcohol sus propiedades se asemejan cada vez más a las de un hidrocarburo. Así, por ejemplo, su solubilidad en agua va disminuyendo a medida que su punto de ebullición más se va acercando a la del hidrocarburo (Cuadro 1).

CUADRO 1. Propiedades físicas de hidrocarburos y de sus correspondientes alcoholes.

	<i>Hidrocarburo</i>	<i>P.eb.</i>	<i>Alcohol</i>	<i>P.eb.</i>	<i>Diferencia en. p.eb.</i>
<i>metano</i>	CH ₄	-162°	metílico	+64.5	226.5°
<i>etano</i>	CH ₃ -CH ₃	-88	etílico	+78.3	166
<i>propano</i>	CH ₃ CH ₂ CH ₃	-42	propílico	+97	139
<i>butano</i>	CH ₃ (CH ₂)CH ₃	0	n-butílico	+118	-118
<i>pentano</i>	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	36	n-penílico	+138	102
<i>hexano</i>	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	69	n-hexílico	+156	87
<i>heptano</i>	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	98	n-heptílico	+176	78
<i>octano</i>	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	126	n-octílico	+195	69
<i>n-decano</i>	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₃	174	n-decílico	+228	54

Uno de los casos extremos que podemos observar en el cuadro es el del metano: mientras que éste es un gas incluso a una temperatura extremadamente baja (-162°), su alcohol correspondiente, el alcohol metílico, es líquido a temperatura ambiente: hierve a 64.5° a nivel del mar. Existe por lo tanto una diferencia de 226.5° entre los puntos de ebullición. Esta diferencia, en cambio, ya no es tan impresionante en caso del hidrocarburo de ocho átomos de carbono, pues entre el octano normal que hierve a 126° y su alcohol que lo hace a 195° se presenta una diferencia de tan sólo 69°.

Lo mismo sucede cuando se comparan las solubilidades en agua: mientras el metanol y el etanol son totalmente miscibles con el agua, del alcohol octílico sólo se disuelven 0.5 g en 100 de agua.

ÉTERES

No sólo existe la posibilidad de inserción de un átomo de oxígeno entre un carbono y un hidrógeno para dar un alcohol, sino que también existe la posibilidad de inserción de oxígeno entre dos átomos de carbono, lográndose así la formación de las sustancias llamadas éteres. El más sencillo de ellos es el éter metílico CH₃OCH₃, siguiéndole el metil etil éter CH₃OCH₂CH₃ y el éteretílico CH₃CH₂OCH₂CH₃.

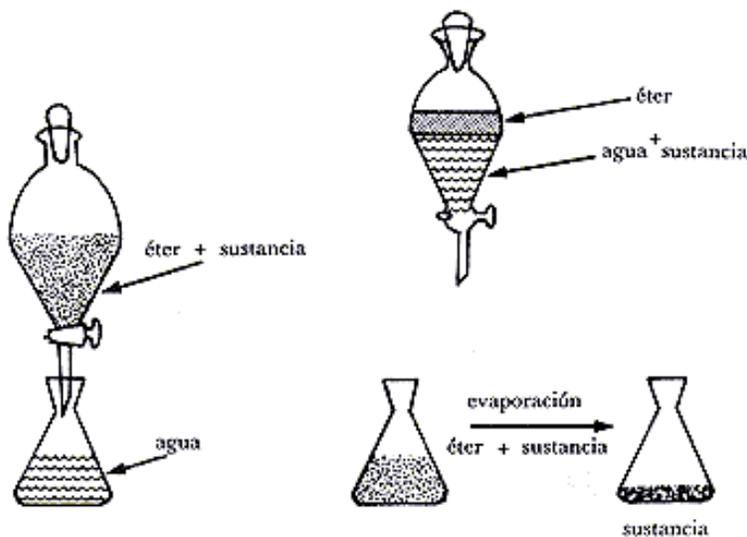


Figura 9.

ÉTER ETÍLICO

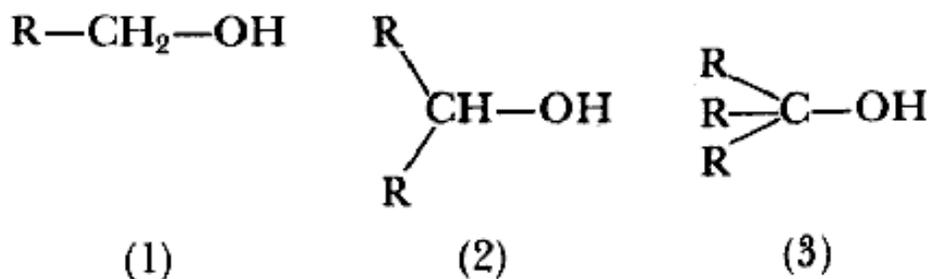
El éter etílico es una sustancia líquida de bajo punto de ebullición de mucha importancia, ya que se usa en medicina como anestésico y en los laboratorios de química como disolvente volátil e inmiscible en el agua. Precisamente debido a su insolubilidad en agua se emplea para extraer sustancias que se encuentran disueltas o suspendidas en agua. Para ello se usa un embudo de separación, como se muestra en la figura 9.

Para lograr una buena extracción, se agita el embudo para que ambos líquidos no miscibles se pongan en contacto, y luego se coloca el embudo en un soporte para que, al reposar, el agua y el éter se separen. El agua ya agotada que queda en la parte inferior del embudo es eliminada, quedando el éter con la sustancia disuelta. Para recuperar la sustancia que originalmente estuvo en el agua lo que se hace es evaporar el éter, de esta manera la sustancia quedará como residuo.

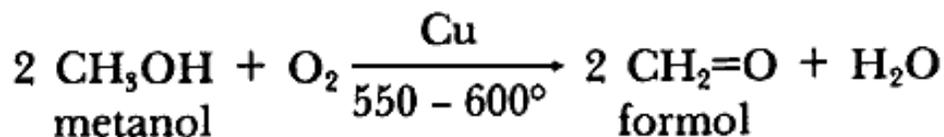
OTROS COMPUESTOS OXIGENADOS

DEL CARBONO: ALDEHÍDOS, CETONAS, ÁCIDOS

Los alcoholes se dividen en tres clases: primarios (1), secundarios (2) y terciarios (3).



Los alcoholes primarios pierden por oxidación dos átomos de hidrógeno dando un aldehído. Así, por ejemplo, el alcohol metílico al perderlos dará el metanal o formol.

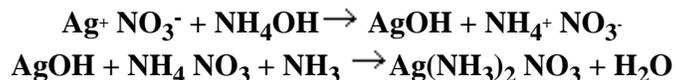


El formol es un gas cuya solución acuosa al 37% se usa para conservar los cadáveres.

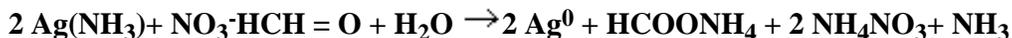
A su vez, el formol es susceptible de ser oxidado para dar el ácido fórmico, que es el ácido que tienen las hormigas y que contribuye a causar la irritación que provocan sus mordeduras.

*Los aldehídos en la formación de un espejo
de plata*

Para la formación de un espejo de plata por deposición de plata sobre un vidrio limpio primero se prepara nitrato de plata amoniacal. Esto se hace agregando suficiente amoniaco disuelto en agua (NH_4OH) a una solución de nitrato de plata hasta que el precipitado de hidróxido de plata que se forma al principio se disuelva.



Espejo. Cuando ya se tiene preparado el nitrato de plata amoniacal, contenido en un tubo de ensaye muy limpio, se agrega formol. Al hacerlo, de inmediato se depositará una capa de plata metálica en las paredes formando un espejo. Si las paredes del tubo no estuviesen suficientemente limpias, la plata se precipitará como un polvo café oscuro.



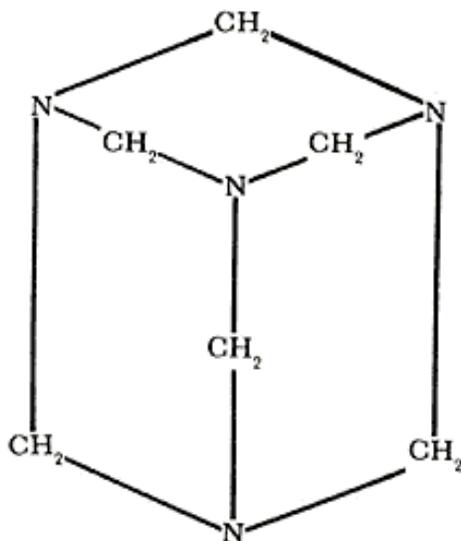
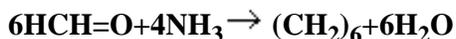
Tollens observó que la sensibilidad de la reacción aumenta cuando se agregan pequeñas cantidades de hidróxido de sodio.

Preparación de urotropina

La urotropina es una sustancia sólida que se usa como desinfectante de las vías urinarias. Se prepara mezclando formalina (solución acuosa de formol en agua al 37%) con una solución diluida de hidróxido de amonio.

La mezcla se deja reposar por bastante tiempo y luego se evapora calentando a 100° . La urotropina se depositará como un sólido de sabor dulce.

La urotropina o hexametilentetramina se forma de acuerdo con la siguiente ecuación:



hexametilentetramina, urotropina

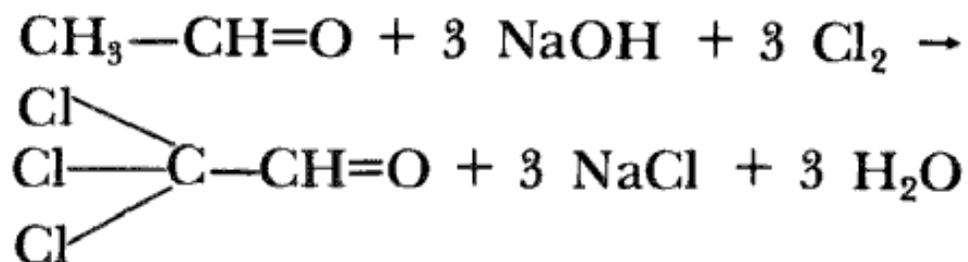
El formaldehído forma dos tipos de polímeros (*poli*, muchos; *meros*, parte). Uno de ellos es cuando los átomos de carbono de una molécula se unen con los átomos de oxígeno de otra; el segundo tipo, cuando las moléculas se unen por medio de los átomos de carbono.

Los polímeros del primer tipo incluyen al paraformaldehído y al polioximetileno, y los del segundo, a los azúcares.

Etanal o acetaldehído

El etanal o acetaldehído es el producto de la oxidación suave del etanol. Es un líquido que hierve a **20.2°**, incoloro y soluble en agua.

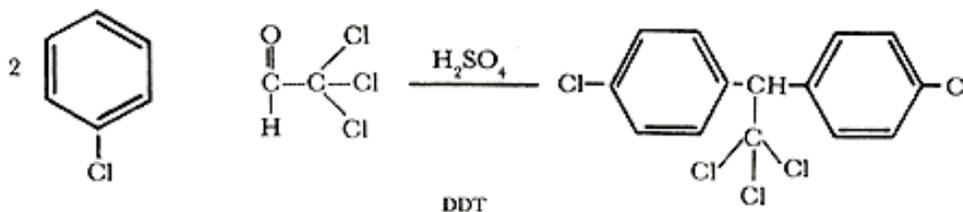
El acetaldehído al ser tratado con cloro produce el aldehído dorado llamado cloral, que es materia prima para la preparación del insecticida **DDT**.



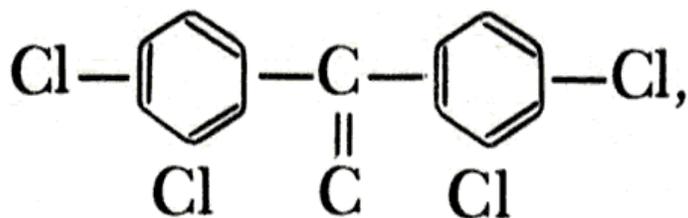
Preparación del insecticida **DDT**

El tricloroacetaldehído o cloral, obtenido por tratamientos de acetaldehído con cloro, es la materia prima para la obtención del insecticida **DDT**.

Cuando el cloral se hace reaccionar con clorobenceno en presencia de ácido sulfúrico, el producto es la sustancia clorada **DDT**, cuyas propiedades insecticidas son ampliamente conocidas.



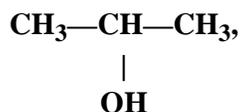
Efectos contaminantes. Mucho se ha hablado de los efectos contaminantes del **DDT**. Y en efecto, se sabe que uno de los principales productos de descomposición del **DDT** en la naturaleza es el para-dicloro-fenil-eteno,



una de cuyas acciones nocivas es la inhibición de la enzima anhidraza carbónica, que es la que controla la participación del calcio en la formación del cascarón de los huevos de las aves. Debido a esta inhibición, los cascarones son débiles y se rompen con facilidad, disminuyendo por lo tanto la reproducción de muchas aves.

Cetonas

Cuando el alcohol no es primario, es decir cuando el OH no se encuentra al final de la cadena como sucede en el etanol, sino que se encuentra sobre un átomo central, la oxidación da origen a sustancias llamadas cetonas. Así, por ejemplo, la oxidación del isopropanol o alcohol isopropílico,

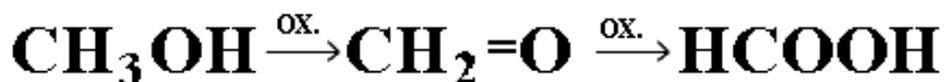


da origen a la dimetil-cetona, más conocida como acetona.

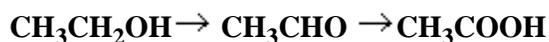
Esta sustancia es un disolvente muy apreciado en los laboratorios de química y muy conocido entre las damas, quienes lo usan constantemente para eliminar el colorante de sus uñas cuando se ha dañado.

Oxidaciones más avanzadas

Cuando la oxidación de un aldehído continúa, se llega a un ácido carboxílico. De esta manera del metanol se pasa a formaldehído y de éste a ácido fórmico.



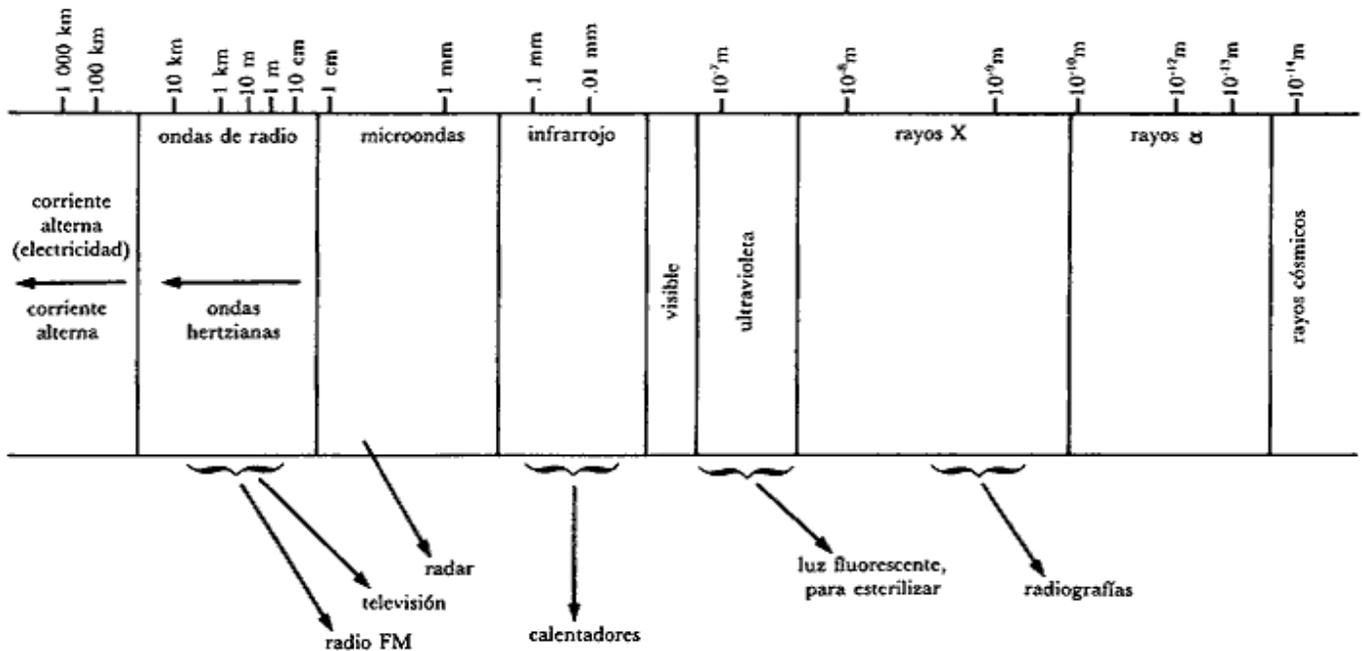
En el caso del etanol, los pasos serán, primero, la obtención de acetaldehído, y después, por medio de una oxidación más avanzada, ácido acético.



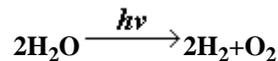
Y así seguiremos con los otros alcoholes. El siguiente paso después del ácido es la formación de bióxido de carbono (CO_2), representando el grado máximo de oxidación de cualquier sustancia orgánica. El CO_2 liberado en esta oxidación total se incorpora a la atmósfera, de donde será utilizado por organismos terrestres y acuáticos para la formación de nuevos compuestos orgánicos.

1. S. Mason, "Biomolecular handedness", en *Chem. in Brit* 21 (6) 538 (1985).
- 2a). J. D. Wilson y 1 K. Hamilton, "Wood cellulose as a chemical feedstock for the cellulose esters industry", en *J. Chem. Ed.* 63, 49 (1986).
- 2b). R. Gray y R. A. Parham, "Wood Chemistry", en *Chem. Tech.* 232 (1982).
3. C. Gay García, "Atmósferas planetarias", en *Naturaleza* 12, 353 (1981)
4. J. Pfeifer "From Galaxies to Man", en *Random House*, Nueva York 1959.
5. N. Henbest "Halley's Comet, more dirt than snow" *New Scientist*, marzo de 1986, p. 37.
6. R. Dagani "Studies of Halley's comet yield a huge scientific bonanza": *Chem. and Eng. News*, agosto, 25, p. 7 (1986).

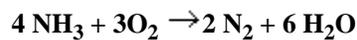




El vapor de agua existente en la atmósfera primitiva de la Tierra estuvo expuesto a la radiación ultravioleta que durante millones de años llegó hasta la superficie terrestre sin dificultad. Las moléculas de agua eran descompuestas en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) por la alta energía del ultravioleta, el cual tiene una corta longitud de onda.



A pesar de que la producción de oxígeno era constante, la naturaleza reductora de la atmósfera se conservaba, ya que gran parte del oxígeno generado era consumido en la formación de óxidos con los elementos de la corteza terrestre y produciendo agua y nitrógeno al reaccionar con el amoníaco que abundaba en la atmósfera terrestre.



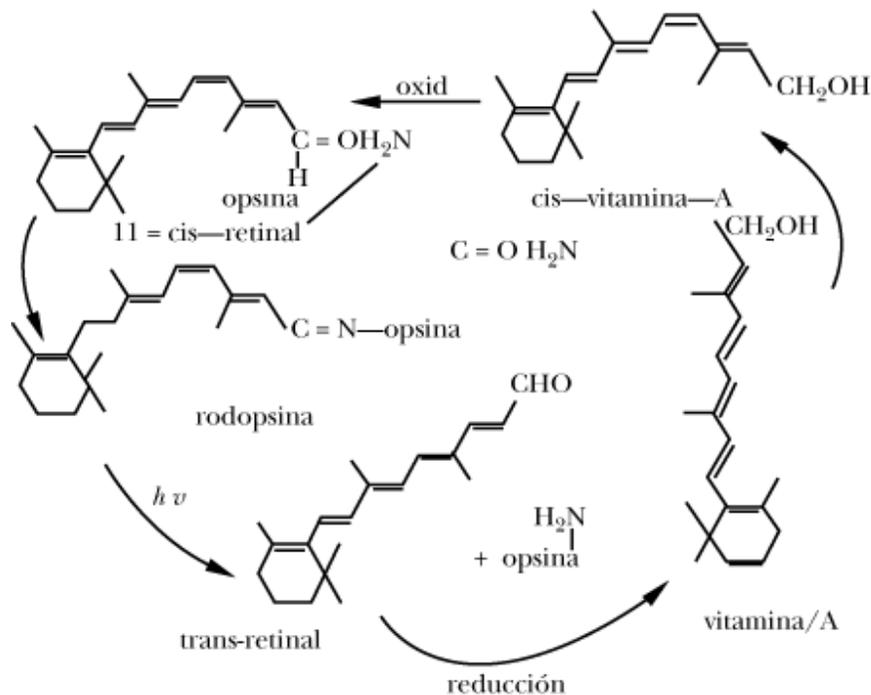
Por medio de este procedimiento la atmósfera se iba enriqueciendo en nitrógeno y oxígeno.

Parte del oxígeno que ingresaba en la atmósfera era activado por la radiación ultravioleta y transformado en su alótropo, una forma de oxígeno de alta energía llamado ozono (O_3). De esta manera se fue formando una capa protectora contra la radiación ultravioleta que se situó a una altura de alrededor de 30 km sobre la superficie terrestre. Esta capa de ozono protege a la Tierra de las radiaciones ultravioleta que, debido a su alta energía, son dañinas para la vida, ya que excitan a átomos y moléculas a tal grado, que puede hacer que un electrón abandone al átomo. La luz ultravioleta, al activar los átomos moleculares, puede dar origen a radicales libres. Si estos radicales forman parte de un ser vivo, pueden causarle trastornos graves como cáncer y aun conducirlo a la muerte.

Otras radiaciones con mayor energía que la luz visible, como los rayos **X**, son también peligrosas para la vida. En cambio, cuando la luz visible incide sobre un átomo excitará sus electrones haciendo que avancen a un estado mayor de energía, del cual regresarán inmediatamente liberando la energía que habían absorbido en forma de luz con la misma frecuencia que tenía la que los excitó.

Cuando una molécula ha sido excitada, el fotón absorbido la hará pasar a un estado de mayor energía o estado excitado E^* . Cuando esta molécula excitada se relaja a un subestado vibracional o rotacional de inferior energía, antes de que llegue a su estado basal emitirá luz a menor energía que la absorbida. Este proceso se llama fluorescencia.

Un tercer camino para relajarla es cuando la molécula excitada da como resultado una reacción química o fotoquímica como, por ejemplo, en la reacción fotoquímica que se lleva a cabo en el proceso de la visión.



Cuando la luz llega a la retina, el retinal que forma parte de la rodopsina sufre una reacción fotoquímica por medio de la cual cambia su geometría a trans geometría que al no ser apropiada para unirse a la opsina provocará su separación y el color cambiará del rojo púrpura al amarillo.

El trans retinal enseguida se reduce enzimáticamente a vitamina A decolorándose totalmente. Después la vitamina A es transportada al hígado en donde se transforma en 11-cis-vitamina A. Ésta es ahora transportada al ojo en donde al ser oxidada se transforma en 11-cis-retinal que se combina con la opsina para dar rodopsina e iniciar de nuevo el ciclo visual.

Vitamina D_2

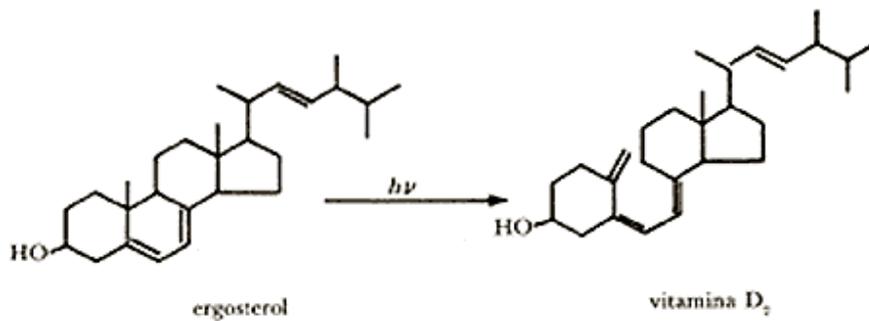
Otro ejemplo importante de reacción química provocada por la luz es la formación de vitamina D_2 o antirraquítica.

El proceso que se puede realizar en el laboratorio es el mismo que sucede espontáneamente cuando las personas se exponen a los rayos solares.

Los niños que sufren de raquitismo (crecimiento deficiente de los huesos) se curan por exposición prolongada a la luz solar. Los alimentos al ser aseados adquieren propiedades antirraquíticas.

La sustancia más activa para combatir el raquitismo es la vitamina D_2 que se obtuvo al irradiar al ergosterol, una sustancia inactiva aislada de levadura.

La transformación fotoquímica del ergosterol en vitamina D_2 es la que se muestra enseguida.



Reacciones fotoquímicas, como lo que se acaba de ilustrar, se pueden aplicar a la transformación de diversas sustancias, lo que resulta de gran utilidad en síntesis orgánicas.

La energía luminosa es también la base de las celdas fotovoltaicas que producen electricidad por excitación en el estado sólido.

CELDA FOTOVOLTAICA

Las celdas fotovoltaicas se han usado en el espacio desde 1958 para suministrar energía eléctrica a los satélites artificiales. Y esto debido a que son muy eficientes en la conversión de energía solar a energía eléctrica ($\pm 20\%$), aunque, debe aclararse, tienen el inconveniente de ser muy caras.

La solución, desde luego, radica en abaratar el procedimiento para poder utilizarlo en la Tierra en forma competitiva.

El procedimiento está basado en la propiedad que tiene la energía luminosa de excitar los electrones de los átomos. Si sobre un cristal de silicio, cuyos átomos tienen cuatro electrones de valencia, se hace incidir la luz, éstos serán excitados y podrán abandonar el átomo, dejando un hueco que equivale a una carga positiva, el cual atraerá a un electrón de un átomo vecino, generando en él un nuevo hueco. De esta manera las cargas negativas (electrón) y las positivas (hueco) viajarán libremente por el cristal y al final quedarán balanceadas.

Si la mitad del cristal contiene como impureza un elemento que, como el arsénico, contiene cinco electrones de valencia, a cada átomo le sobrará un electrón que se moverá por el cristal, aunque los electrones extra se encuentren neutralizados por los protones del núcleo del arsénico.

Si la impureza en la otra mitad del cristal en vez de ser arsénico es un elemento como el boro, es decir con sólo tres electrones de valencia, dará la posibilidad de crear huecos con facilidad.

Si-Si-Si-Si-Si-Si

Si-Si-As-Si-Si-Si

Si-As-Si-Si-Si-Si

Si-Si-Si-Si-Si-Si

Si-Si-Si-Si-Si-Si

Si-Si-B-Si-Si-Si

Si-B-Si-Si-Si-Si

Si-Si-Si-Si-Si-Si

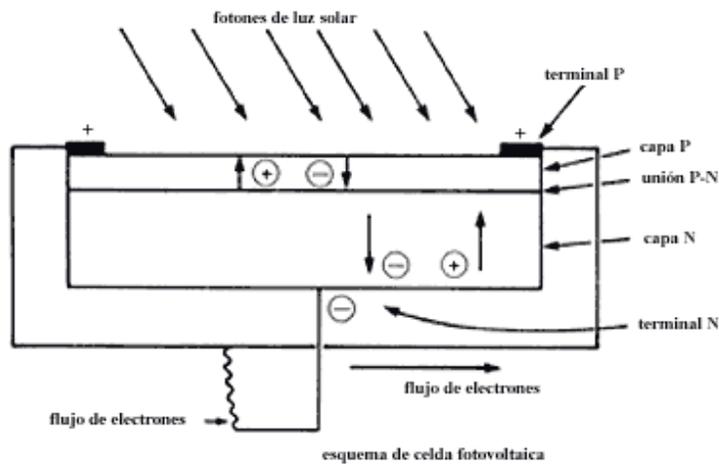


Figura 10. Esquema de una celda fotovoltaica.

Así, los electrones se difundirán en ambas partes del cristal hasta llegar a un equilibrio.

Con los elementos anteriores se puede hacer una celda fotovoltaica (Figura 10).

La parte con exceso de electrones, a la que se llamará *N* (negativa), se une a la que contiene cargas positivas móviles *P* (huecos).

Cuando la luz solar incide sobre el cristal, los electrones de la parte *N* se liberan y dirigen hacia un electrodo conectado con la parte positiva *P*, rica en huecos. Como existe una barrera entre la parte positiva y la negativa, se evita la recombinación de electrones y huecos haciendo que los electrones pasen a través del alambre y generen una corriente eléctrica. Por tanto, la corriente fluirá constantemente mientras la luz incide sobre la celda.

FOTOSÍNTESIS

En la fotosíntesis ocurre un proceso similar al descrito para las celdas fotovoltaicas. Aunque en aquella no se produce una corriente eléctrica, es sin embargo más eficiente que el realizado en una celda fotovoltaica artificial.

La clave para tan alta eficiencia reside en la arquitectura molecular y en su asociación a membranas. Las membranas biológicas consisten en un fluido bicapa de lípidos anfipáticos especialmente fosfolípidos. La naturaleza anfipática de estos lípidos se debe a que presentan hacia el exterior la parte polar (cargada) de los fosfolípidos, la que es atraída hacia el medio acuoso. La parte interior de la membrana está constituida por las colas (no polares) de los fosfolípidos que forman una barrera entre los medios acuosos.

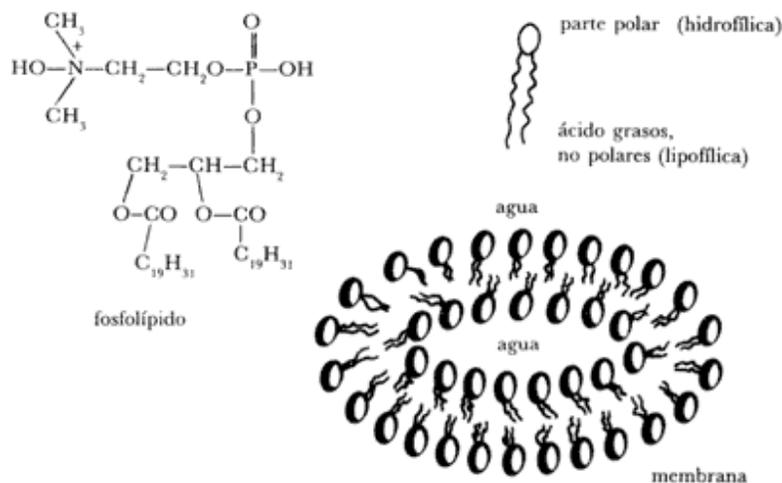


Figura 11.

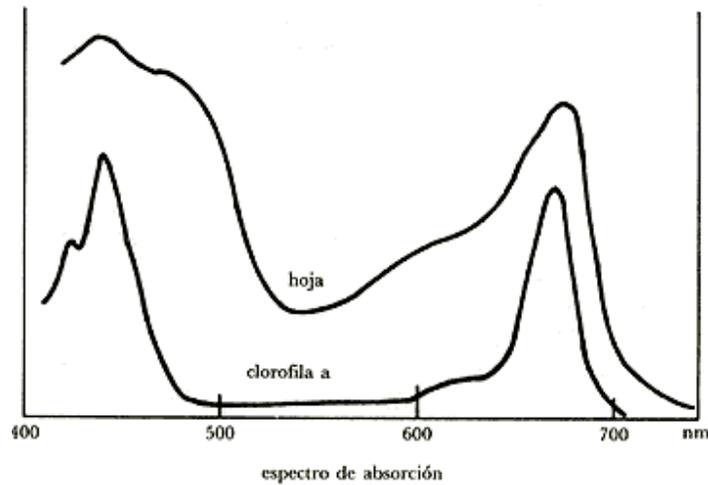


Figura 12. Espectro de absorción.

Esta bicapa fosfolípida constituye una membrana y actúa como barrera semipermeable separando dos compartimientos acuosos (Figura 11). Por ejemplo, un glóbulo rojo está formado por una membrana que separa al citoplasma acuoso intracelular del plasma sanguíneo, que también es acuoso.

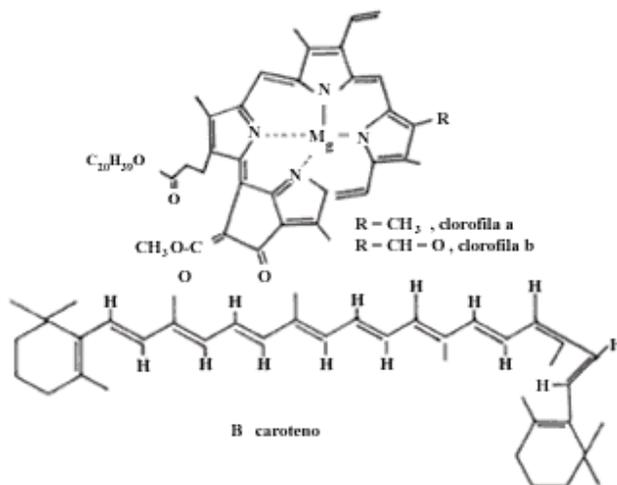
En los organismos fotosintéticos existen proteínas, colorantes y moléculas sensibilizadoras embebidas en la membrana de las células especializadas en la fotosíntesis.

En algas y plantas verdes, el aparato fotosintético se encuentra localizado en organelos intracelulares unidos a proteínas que se llaman cloroplastos.

La molécula sensibilizadora en la fotosíntesis es la clorofila, molécula parecida a la del heme de la hemoglobina, que consiste en un anillo tetrapirrólico que contiene un átomo de Mg en el centro del anillo en vez del átomo de Fe que contiene el heme.

La clorofila absorbe luz para iniciar la reacción de fotosíntesis. La intensidad de absorción en las distintas λ del espectro visible varían de acuerdo con la figura 12. Como en ella se ve, la clorofila absorbe en el azul y en el rojo y no en el verde, el cual es reflejado, razón por la que las hojas se ven verdes.

El aparato fotosintético consta de clorofila y una serie de pigmentos como carotenos y xantofilas, todos ellos unidos a una proteína embebida en una membrana, lo que permite una buena transmisión de energía.



Los pigmentos diferentes a la clorofila ayudan a absorber en las λ_s entre 450 y 650 nm, punto en que la clorofila es deficiente. Las cantidades y proporciones de pigmentos secundarios varía de planta a planta, siendo precisamente éstos los que le dan el color característico a las hojas. De aquí que se puedan encontrar de tono azulado, como en algunos eucaliptos; de tono amarillo, como en la lechuga, o de tono rojizo, como en algunos amarantos.

Los pigmentos que absorben la luz, situados en la membrana, se hallan dispuestos en conjuntos. Estos fotosistemas contienen alrededor de 200 moléculas de clorofila y algunas 50 de carotenoides. Todas las moléculas del conjunto pueden absorber luz, pero sólo una molécula de clorofila, combinada con una proteína específica, transforma la energía luminosa en energía química, por lo que recibe el nombre de centro de reacción fotoquímica. Todas las demás moléculas son colectoras o moléculas antena.

Las membranas de los cloroplastos poseen dos diferentes fotosistemas cada una, con su propio conjunto de moléculas colectoras y su centro de reacción. El fotosistema I, que absorbe a λ mayores (800 nm), tiene una mayor proporción de clorofila *a* y el fotosistema II, que absorbe a λ menores (680 nm), tiene mayor proporción de clorofila *b*.

Todas las plantas que desprenden oxígeno poseen ambos fotosistemas, siendo el agua oxidada en el lado derecho, como se muestra en la figura 13, y el NADP^+ reducido en el lado izquierdo. Es también interesante notar que existen trampas de luz (fototrampas), oxidación de agua y reducción de NADP^+ . En la oxidación de H_2O la molécula de clorofila sensibilizadora tiene un pico de absorción de luz a 680 nm y se designa como **P680**. El complejo total del lado de oxidación de H_2O de la **Z** es llamado fotosistema II. Después de la absorción de energía luminosa se forma **P680*** (excitado), que por oxidación pasa a **P680⁺** (oxidado), mientras se reduce un aceptor que es plastoquinona, acompañada con heme sin hierro. El producto reducido es el radical libre de una hemequinona que ha sido identificado por resonancia spin electrón. La localización en la membrana del **P680** y su plastoquinona proviene de la recombinación de cargas, pero el **P680⁺** es también rápidamente reducido por los electrones tomados del agua. De hecho, después de cuatro eventos fotoquímicos se observa emisión de O_2 .

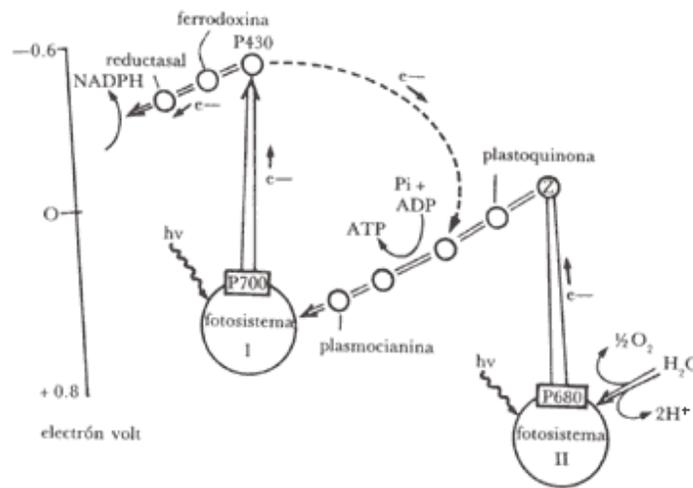
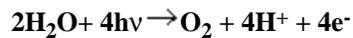


Figura 13.

La ecuación total es:



donde por cada electrón que proporciona el agua y recorre el camino hasta NADP^+ , se absorben dos cuantos de luz.

Para formar una molécula de O_2 deben absorberse un total de ocho cuantos para cada fotosistema.

FORMACIÓN DE AZÚCARES Y OTROS COMPUESTOS ORGÁNICOS

Los organismos fotosintéticos producen glucosa y otros azúcares a partir del CO_2 atmosférico y el agua del suelo, usando la energía solar acumulada en el **ATP** y el **NADPH**

El proceso descubierto por Melvin Calvin es el siguiente:



El azúcar de cinco átomos de carbono se combina con CO_2 , catalizado por la enzima carbonílica 1,5-difosfato de ribulosa, produciendo dos moléculas de ácido fosfoglicérico, el que se combina entre sí para dar el azúcar de fruta o glucosa.

REFERENCIAS

1. A. I. Oparin, *The Origin of Life on the Earth*, 3a edición, Academic Press Inc., editores, Nueva York, 1957.
2. M. Harvath, L. Bilitzki y J. Hüttner, *Ozone*, Elsevier, Amsterdam Oxford, Nueva York, 1957.
3. K. Zweibel, "Photovoltaic cells", en *Chem. and Eng. News*, 7 de julio, p. 34 (1986).
4. Ch. L. Bering, "Energy interconversions in photosynthesis", en *J. Chem. Ed.* 62, 659 (1985).
5. Zelitch 1., "Photosynthesis and plant productivity", en *Chem. and Eng. News*, 5 de febrero, p. 28 (1979).
6. A. L. Lehninger, *Principies of biochemistry*, Worth publishers, Inc., Nueva York, 1982.
7. Magdalena Rius de Riepen y C. Mauricio Castro Acuña, *La química hacia la conquista del Sol*, SEP-FCE-CONACYT (*La ciencia desde México*, 10), México, 1986.

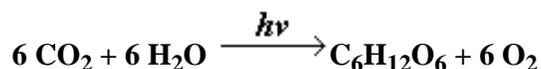
Indice |



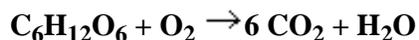
IV. VIDA ANIMAL, HEMOGLOBINA, ENERGÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS, DOMINIO DEL FUEGO

LA CAPA de ozono formada por la acción de la luz ultravioleta dio a la Tierra una protección contra la alta energía de esta misma radiación, creándose así las condiciones apropiadas para la aparición de la vida. Las algas verde-azules y los vegetales perfeccionaron el procedimiento para combinar el CO_2 atmosférico con el agua y los minerales del suelo con producción de materia orgánica y liberación de oxígeno que transformaría, en forma lenta pero segura, a la atmósfera terrestre de reductora en oxidante.

La química, que antes de la aparición de la vida se efectuaba en el planeta espontánea pero lentamente, ahora se acelera en forma notable. El oxígeno que se generaba por fotólisis del agua, ahora se libera de ésta en forma eficiente mediante la reacción de fotosíntesis, usando la luz solar como fuente de energía.



Por medio de la reacción anterior por una parte se acumuló en el planeta una gran cantidad de energía en forma de materia orgánica, y por otra la atmósfera se enriqueció en oxígeno, dándose así las condiciones para el nacimiento de un nuevo tipo de vida. Este nuevo tipo de vida realiza la operación contraria a la que efectúan los vegetales: toma la materia orgánica que elaboran los vegetales y por medio de una muy eficiente reacción de oxidación, para la que usa el oxígeno atmosférico, libera y utiliza la energía contenida en esas sustancias para realizar sus funciones. Posteriormente el bióxido de carbono formado en esa reacción regresa a la atmósfera, de donde podrá volver a ser empleado por los vegetales y continuar el eterno ciclo.



Como se vio en el capítulo anterior, los vegetales usan el pigmento verde llamado clorofila como catalizador indispensable en la reacción de fotosíntesis. Por medio de esta reacción los vegetales acumulan 686 kilocalorías en cada molécula de glucosa.

Los organismos animales, para realizar la reacción de oxidación y liberar las 686 kilocalorías contenidas en la molécula de glucosa, utilizan como transportador de oxígeno un pigmento asociado con proteína conocido como hemoglobina. Este pigmento tiene el mismo esqueleto básico de la clorofila, pero difiere esencialmente en el metal que contiene, pues mientras que la clorofila (figura 14(a)) contiene magnesio, la hemoglobina (figura 14(b)) contiene fierro.

La hemoglobina toma oxígeno del aire y lo transporta a los tejidos, que es donde se realiza la reacción contraria a la fotosíntesis.



De esta manera, el CO_2 que los vegetales toman de la atmósfera regresa a ella. En estas condiciones, los diferentes tipos de animales, incluyendo al hombre que llegó un poco más tarde, vivían en perfecto equilibrio con la naturaleza, pues éste sólo consumía alrededor de 2 000 kilocalorías por día, es decir sólo la energía necesaria para mantener su cuerpo saludable.

La hemoglobina es una cromoproteína compuesta por una proteína, la globina, unida a una molécula muy

parecida a la clorofila, pero que, en vez de magnesio, contiene fierro; el oxígeno se le une en forma reversible. Cuando la hemoglobina está unida a oxígeno se llama oxihemoglobina y cuando lo ha soltado deoxihemoglobina.

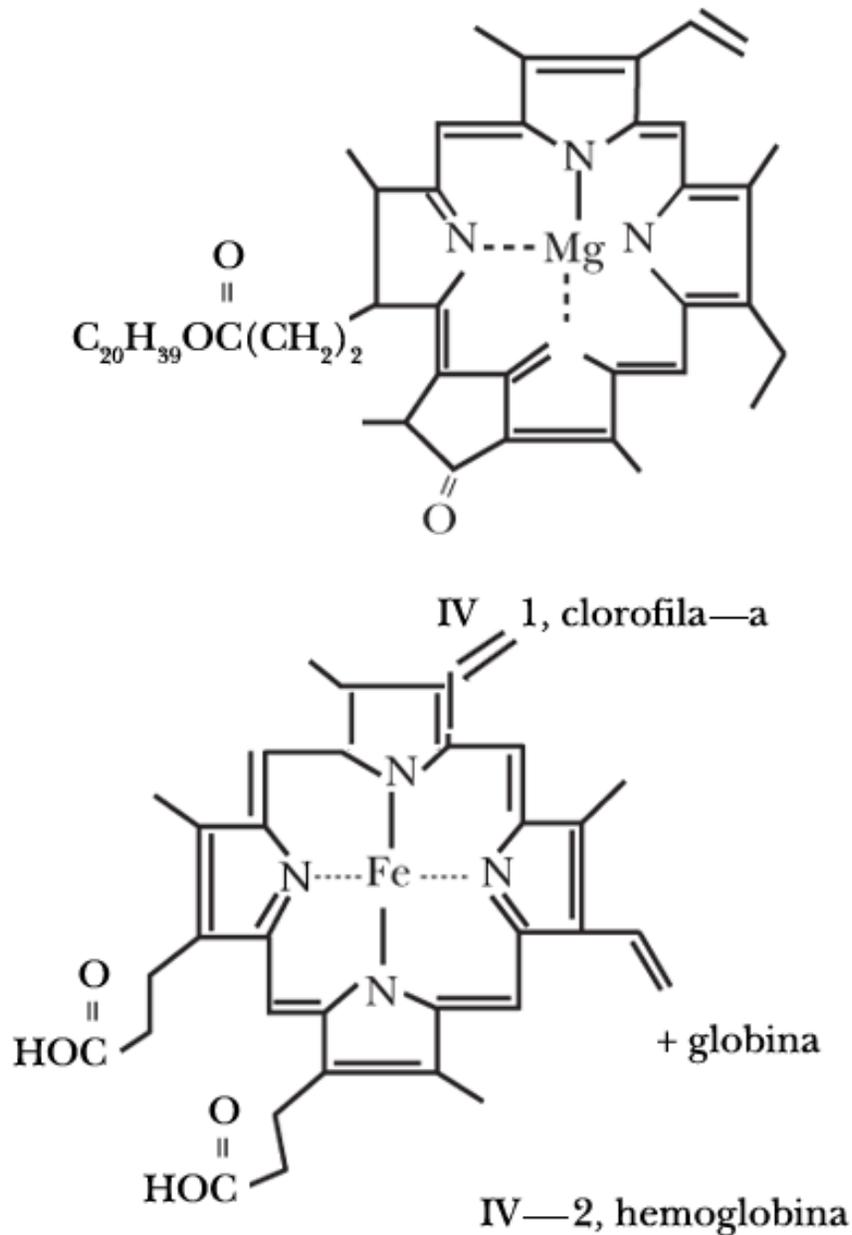


Figura 14.

El fierro necesario para la formación de hemoglobina el ser humano lo toma en su dieta a razón de 1 miligramo por día, acumulándose normalmente 4 gramos de él en los adultos. Es decir, un ser humano adulto tendría fierro suficiente como para elaborar un clavo de 4 centímetros de largo.

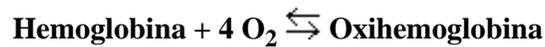
Otro mineral que el organismo humano requiere en cantidades apreciables es el muy común metal alcalino térreo llamado calcio, cuyos compuestos son bien conocidos. Ejemplo de esto son la cal y el mármol.

La cantidad de calcio que un adulto necesita ingerir diariamente en su dieta es de alrededor de 1 gramo, es decir, la cantidad que corresponde al contenido de calcio en un trozo de mármol de 2.5 gramos.

El fósforo es otro de los elementos indispensables para el funcionamiento del organismo humano por lo que requiere ingerir diariamente en los alimentos alrededor de 1 gramo.

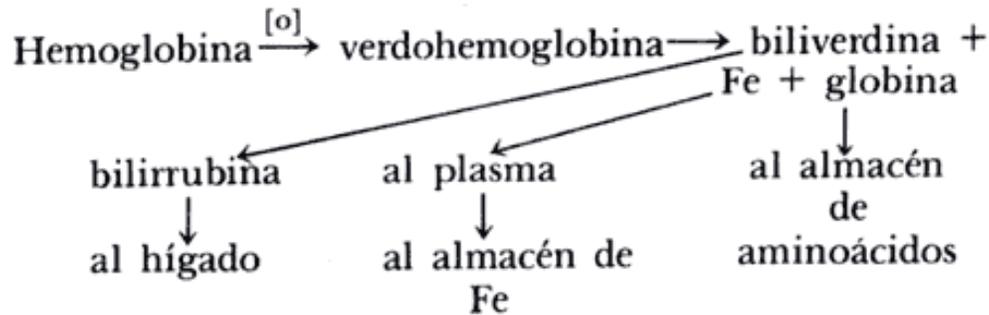
Pero volvamos al fierro. Una vez que éste ha sido asimilado, cada átomo permanecerá en el organismo por

un tiempo aproximado de 10 años, durante los cuales pasará por muy diversos estados metabólicos, combinándose con diferentes sustancias y realizará muchos procesos, entre los cuales está uno sumamente importante para el organismo humano: el de transportar oxígeno a los tejidos. Un gramo de hemoglobina se combina con 1.35 mililitros de oxígeno.



El monóxido de carbono (CO), gas que se desprende del escape de los automóviles y en combustiones incompletas como la del carbón vegetal, se combina con la hemoglobina desplazando al oxígeno para dar un compuesto más estable. En esta forma el CO evita que se lleve a cabo la función del organismo, la cual puede provocar la muerte cuando la cantidad de este gas que se ha fijado es grande.

La hemoglobina se encuentra dentro de las células rojas o eritrocitos, que tienen una vida media de 120 a 180 días. Éstos son devorados posteriormente por células del sistema retículo endotelial. Estas células, llamadas macrófagos (devoradoras de objetos grandes), se encuentran principalmente en el bazo, el hígado y la médula ósea. El macrociclo de la hemoglobina es cortado oxidativamente por una de las dobles ligaduras para dar el complejo biliverdina-hierro-proteína. El hierro se elimina al igual que la proteína para dar biliverdina, la que es luego reducida para dar origen a la bilirrubina. El hierro libre se combina con proteína del plasma y es transportado a depósitos en la médula ósea, donde se vuelve a usar para formar nueva hemoglobina.



De esta manera, el Fe completa su ciclo en su importante misión de ser el elemento clave en el transporte de oxígeno para realizar la reacción de oxidación de los alimentos, de la que se deriva la energía necesaria para el mantenimiento de la vida animal saludable.

LOS ANIMALES Y EL HOMBRE

De todos los animales que poblaron el planeta hubo uno que destacó por tener un cerebro mayor que los demás: el hombre. Aunque más débil que otros animales de su mismo peso, que competían con él por alimentos y espacio, fue poco a poco dominando su entorno vital gracias a su cerebro superior, que le permitía aprender y asimilar experiencia.

El cerebro es un órgano maravilloso que distingue al hombre de los demás animales y lo ha llevado a dominar el planeta y, más aún, a conocer otros mundos.

Siendo el cerebro un órgano tan importante, es lógico que sea alimentado en forma privilegiada en relación con los demás órganos del cuerpo. El cerebro recibe glucosa pura como fuente de energía, y para su oxidación usa casi el 20% del oxígeno total que consume un ser humano adulto.

El cerebro de un adulto requiere más de 120 gramos de glucosa por día, misma que puede provenir de

precursores tales como el piruvato y los aminoácidos.

La glucosa es aprovechada por el cerebro vía secuencia glicolítica y ciclo del ácido cítrico, y el suministro de ATP es generado por catabolismo de glucosa. La energía de ATP se requiere para mantener la capacidad de las células nerviosas (neuronas) manteniendo así el potencial eléctrico de las membranas del plasma, en particular de aquellas que rodean el largo proceso en que intervienen axones y dendritas, que son las que forman la línea de transmisión del sistema nervioso (Figura 15).

El cerebro gobierna las emociones y el dolor por medio de reacciones químicas. La química del cerebro es muy complicada y no es bien conocida todavía; sin embargo, es muy interesante la relación que existe entre los efectos del alcaloide morfina, el alivio del dolor y las sustancias naturales del cerebro llamadas endorfinas y encefalinas.

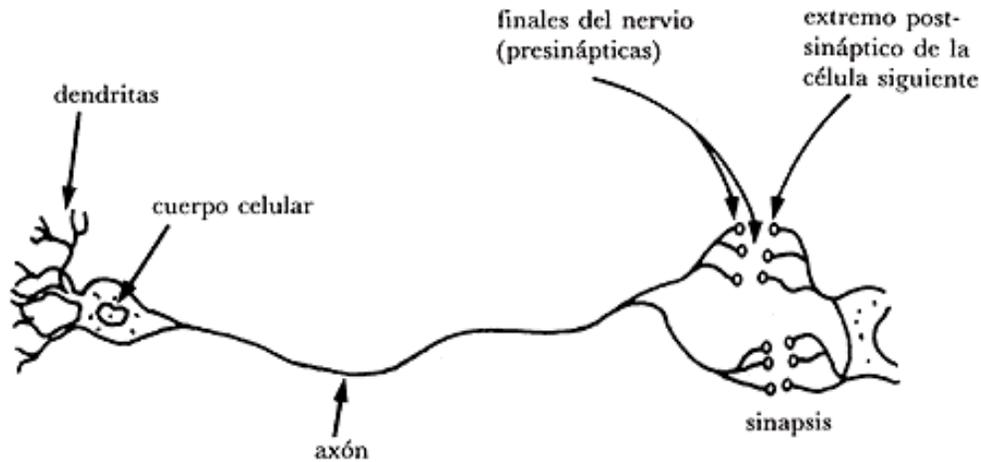


Figura 15.

OPIO, MORFINA Y SUSTANCIAS OPIÁCEAS DEL CEREBRO

El uso del opio como sustancia analgésica es conocido desde tiempos muy remotos; los griegos la usaron varios siglos antes de Cristo.

Uno de los principales constituyentes del opio, la morfina, fue aislado en 1803 por el farmacéutico alemán Sertürner.

El comportamiento de la morfina como analgésico es impresionante, ya que además de calmar el dolor, causa euforia, regula la respiración y es antidiarreico. Es un analgésico tan poderoso que se usa en las últimas fases del cáncer.

Como contrapartida de las maravillosas propiedades de la morfina, se tiene la de crear dependencia. La persona que fue tratada con ella desea volver a tener la experiencia obtenida con la inyección. La repetición de la inyección crea necesidad y cuando esta necesidad no se satisface, el sujeto sufre de los síntomas que la morfina alivió: dolor abdominal, diarrea, respiración agitada, taquicardia, náuseas, sudor y otros dolores.

La pregunta es, ¿por qué un producto vegetal tiene tan notables efectos en el sistema nervioso? La

respuesta se dio en los años setenta: las propiedades de la morfina deben derivar de su estructura y configuración; cualquier alteración de ésta hace cambiar drásticamente sus propiedades; es decir, se requiere precisamente la configuración natural para que encaje en receptores de las neuronas cerebrales.

La existencia de receptores de morfina fue demostrada en varios laboratorios en 1973.

Existe un gran número de receptores de morfina en partes del sistema nervioso involucrados en la transmisión del dolor y en la parte responsable de las emociones.

Numerosas investigaciones culminaron con la demostración de que en el cerebro existen sustancias con estructura parecida a la de la morfina, a las que denominaron encefalinas. Éstas eran péptidos compuestos de cinco aminoácidos tyr-gly, gly-phe-met (met = metionina encefalina) y tyr-gly-gly-fe-leu (leu = leucina encefalina).

Estas dos encefalinas se sintetizaron en el laboratorio y tuvieron los mismos efectos en el cerebro.

La morfina y la encefalina tienen pues la misma configuración, por lo que pueden unirse a receptores de la misma manera.

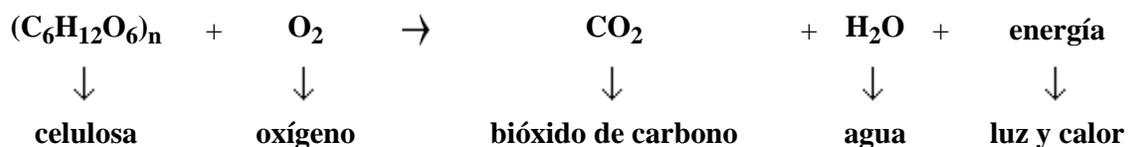
DESCUBRIMIENTO DEL FUEGO

El cerebro del hombre crece, piensa, memoriza, aprende nuevas cosas hasta que un día, cuando menos se lo espera, descubre el fuego, aprende a dominarlo y transmite el conocimiento de generación en generación.

Precisamente un paso fundamental en el dominio de la naturaleza lo dio el hombre primitivo cuando aprendió a dominar el fuego; en ese momento encontró la manera de liberar a voluntad la energía que los vegetales habían tomado de la radiación solar y acumulado en forma de materia orgánica. Ahora el hombre tenía la luz y el calor y su vida era más fácil, ya que dominaba la oscuridad y el frío de la noche y al mismo tiempo ahuyentaba a los animales peligrosos.

El fuego es la primera reacción química que el hombre domina a voluntad; en esta importante reacción exotérmica se libera, en forma rápida, la energía que el organismo animal liberaba de los alimentos en forma lenta e involuntaria. El hombre aprendió a iniciar la reacción o a avivarla aumentando el oxígeno al soplar sobre las brasas en contacto con leña seca, y más tarde supo iniciarlo con chispas y por fricción.

La reacción que se está llevando a cabo en una fogata alimentada con leña se puede representar como sigue:



Una vez controlado el fuego, el hombre lo pudo aplicar, primero, al cocimiento de alimentos, y más tarde a la fabricación de utensilios de arcilla, endurecidos por el fuego.

La cadena de descubrimientos a raíz del dominio del fuego ha sido constante hasta nuestros días, en que el consumo de combustible es sinónimo de riqueza de un país.

Quizá el arte surgió poco después del dominio del fuego, pues el carbón que queda al apagarse las fogatas es un material apropiado para el dibujo; si éste se mezcla con la grasa de animales se hace más versátil.

En lugares aislados de la Tierra se fueron sucediendo descubrimientos importantes al usar las piedras para soportar objetos junto al fuego: algunas de ellas se fundieron y liberaron metales. Así, el hombre fue avanzando de la Edad de la Piedra a la Edad de los Metales (Edad del Bronce). El fuego condujo al conocimiento de los primeros elementos químicos: el oro, el plomo, el cobre, el estaño, el azufre y el carbón.

Con el dominio del fuego los ritos mágicos fueron más impresionantes: el hombre quemó hierbas aromáticas cuyos componentes químicos muchas veces tuvieron propiedades curativas. Más tarde, al disponer de recipientes de arcilla pudo hacer infusiones de plantas, obteniendo así algunas sustancias curativas.

Al hervir sus infusiones, el vapor de agua arrastró las sustancias volátiles que no sólo daban olor agradable a la cueva, sino que ahuyentaban insectos, desinfectaban y curaban a los enfermos.

De esta manera se inició la *química de productos naturales*, hace ya varios miles de años.

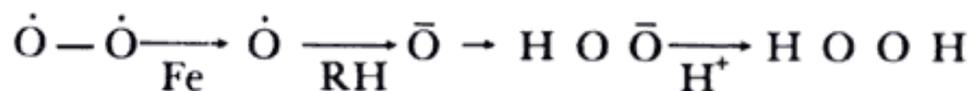
Las infusiones ricas en azúcares, al ser abandonadas muchas veces eran fermentadas, produciendo sustancias como alcohol o ácido acético, y de esa manera se descubrieron la cerveza, el vino y el vinagre en épocas muy remotas.

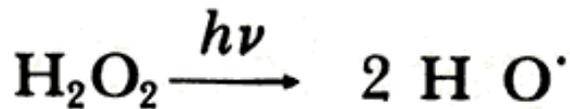
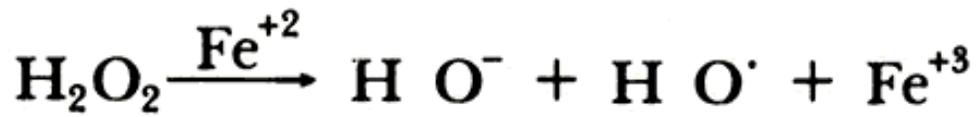
ENVEJECIMIENTO

Indudablemente, mientras más tiempo ha durado un objeto inanimado, su aspecto más se deteriora. Así, por ejemplo, los objetos de hierro que fueron bellos y brillantes, pronto pierden su brillo y tarde o temprano se cubren de la herrumbre que los corroe; los objetos de hule se vuelven quebradizos; lo mismo pasa con los bellos objetos de piel, que con el tiempo se deterioran volviéndose quebradizos porque se avejentan. Procesos todos ellos en que mucho tiene que ver el oxígeno: el hierro se oxida con el tiempo, al igual que el hule y el cuero que lo fueron en su proceso de envejecimiento. El aspecto de los seres vivos cambia también con el tiempo: se hacen viejos. El tiempo que se mide por el número de días, meses y años transcurridos, bien podría medirse por el número de respiraciones o por el volumen de oxígeno que ha usado el cuerpo desde su nacimiento hasta su muerte.

El hule de las llantas envejece, lo que se retarda con la vulcanización y adición de antioxidantes; los aceites y grasas se hacen rancios por efecto del oxígeno del aire, proceso que se logra detener por adición de antioxidantes como el tocoferol (vitamina E) y el ácido ascórbico o vitamina C, entre los de origen natural, que son muy importantes.

Los radicales libres están implicados en el proceso del envejecimiento del ser humano. Un intermediario clave es el superóxido O-O⁻, formado por reducción del O₂ molecular por varios reductores *in vivo*,





Los antioxidantes son importantes en el tejido canceroso en donde la concentración de tocoferol es mayor que en tejido normal. Son también importantes en la prevención de oxidación de lípidos en los tejidos.

El envejecimiento biológico puede ser debido al ataque de radicales hidroxilo H O^\bullet sobre las células no regenerables del cuerpo. Estos radicales pueden provenir de generación indeseable en la cadena alimenticia o por irradiación ultravioleta u otra radiación de alta energía.

Se puede entonces pensar que los antioxidantes detendrán el envejecimiento; el problema es que muchos antioxidantes sintéticos, aunque más eficaces *in vitro* que los biológicos, producen reacciones secundarias indeseables en el organismo.

REFERENCIAS

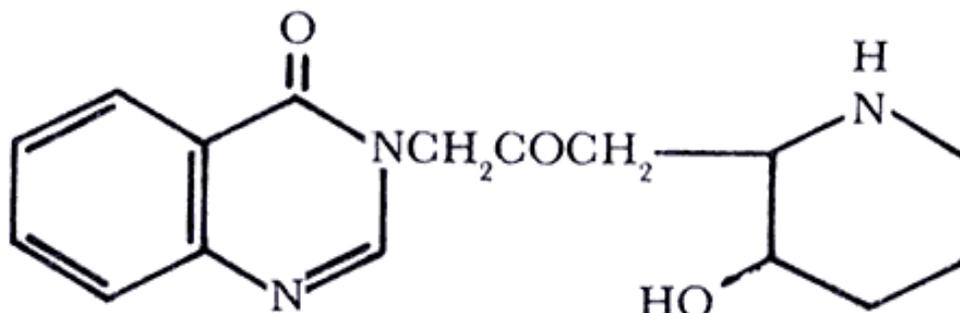
1. A. I. Oparin, *The Origin of Life on the Earth*, traducción de Ann Synge, Academic Press Inc., Editores, Nueva York, 1957.
2. J. D. Bernal, *La ciencia en nuestro tiempo*, traducción de Eli de Gortari, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1960.
3. A. Jacobs y M. Worwood, *Iron in biochemistry and medicine*, capítulo 5, p. 145, Academic Press, Londres y Nueva York, 1974.
4. G. Scott "Antioxidants *in vitro* and *in vivo*", en *Chem. in Brit.* 21, 648 (1985).
5. J. Rossier y G. Chaponthier "Brain opiates", en *Endea vour* 6, 168 (1982).
6. Morton Rothstein "Biochemical study of aging", en *Chem. and Eng. News* 11, 1986, p. 26.



V. IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS EN LA VIDA DEL HOMBRE: USOS MÁGICOS Y MEDICINALES

UNA vez que el hombre aprendió a dominar el fuego, estuvo en condiciones de fabricar recipientes de arcilla, los que, endurecidos por el fuego, le servirán para calentar agua, cocinar alimentos y hacer infusiones mágicas y medicinales. De esta manera los aceites esenciales arrastrados por el vapor de agua aromatizaban la caverna y se condensaban en el techo, con lo que se separaban las sustancias químicas contenidas en las plantas. El químico primitivo encontró que los aceites esenciales no solo tenían olor agradable, sino que muchos de ellos tenían además propiedades muy útiles, como eran las de ahuyentar a los insectos y de curar algunas enfermedades.

El conocimiento de las plantas y sus propiedades seguía avanzando: ya no sólo las usaba el hombre como alimentos, combustible y material de construcción, sino también como perfume, medicinas y para obtener colorantes, que empleaba tanto para decorar su propio cuerpo y sus vestiduras, como para decorar techo y paredes de su cueva. El arte pictórico floreció en ese entonces en muchas partes del mundo y actualmente nos asombran sus manifestaciones conservadas en oscuras cavernas, donde con frecuencia se ven escenas de cacería. Es evidente que la necesidad de alimentación era primordial y que los testimonios del uso medicinal de las plantas son menos frecuentes; sin embargo, los chinos han dejado constancias escritas desde hace más de 4 000 años acerca del uso antimalárico de la droga chaáng shan que corresponde a la planta *Dichroa febrifuga*, Lour. Los estudios modernos han demostrado la existencia en esa planta del alcaloide antimalárico llamado febrifugina.



febrifugina

Los pueblos americanos tenían a la llegada de los españoles un amplio conocimiento de las plantas y sus propiedades, especialmente medicinales. Tan impresionante era la variedad de plantas que crecían en el nuevo mundo y tan notable el conocimiento que de ellas tenían los pueblos nativos que lograron interesar vivamente al rey de España.

La primera obra que se conoce al respecto es debida al médico indígena Martín de la Cruz, quien la escribe en lengua náhuatl durante el año de 1552. La traducción al latín hecha por Juan Badiano, denominada *Libellus de medicinalibus indorum herbis*, se conoce gracias a que Charles Upson Clark la encontró en la Biblioteca Barberini durante los estudios que realizó en Roma de 1916 a 1919.

Este opúsculo consta de bellas ilustraciones al estilo de los antiguos artistas indígenas confeccionadores de códices (*tlacuilos*). Sobre las ilustraciones viene el nombre de la planta y debajo se encuentra el nombre de la enfermedad que cura, seguida de una receta detallada conteniendo el modo de administrarse.

El rey de España, Felipe II, al tener noticias de que en la Nueva España existían más plantas y semillas medicinales que en ninguna otra parte del mundo, envió a Francisco Hernández, "protomédico e historiador general de las Indias, Islas y tierra firme del mar océano", para que emprendiera una

investigación médico-botánica en los vastos territorios recientemente incorporados a la Corona.

Francisco Hernández llega al Nuevo Mundo con las instrucciones de identificar todas las yerbas, árboles y plantas medicinales que hubiere en la provincia donde se encontrase y de averiguar qué enfermedades curaban y la manera de hacerlo.

Este estudio culminó con la descripción de 3 076 plantas y sus usos medicinales. Francisco Hernández no se limitó al estudio de plantas, sino que hizo también un amplio recuento de los animales y minerales de la Nueva España.

Los estudios de los minerales de la Nueva España sentaron la base del impresionante auge de la industria metalúrgica mexicana, especialmente en el ramo de metales preciosos. La descripción del chapopotli señala por primera vez la existencia de petróleo en el territorio de la actual República Mexicana.

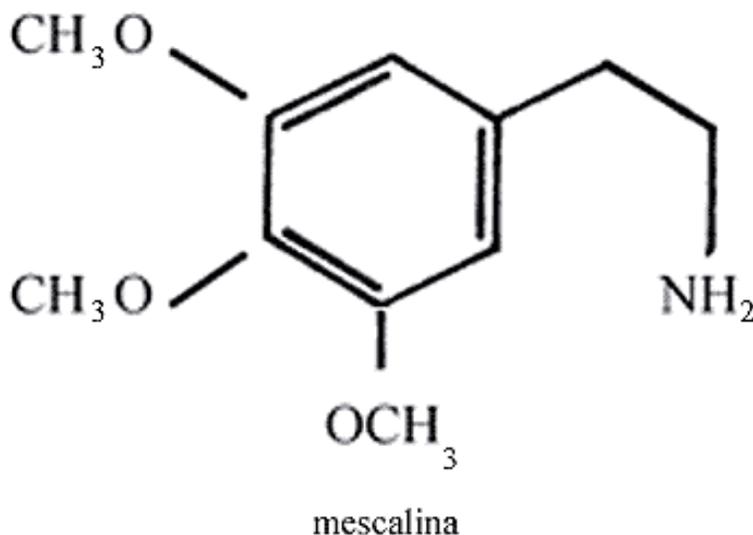
Los estudios botánicos, por su parte, sirvieron de base a estudios posteriores por medio de los cuales ha sido posible la identificación botánica de más de mil de las plantas descritas por Francisco Hernández.

DROGAS ESTIMULANTES CON FINES MÁGICOS Y RITUALES

Muchas plantas fueron utilizadas en ritos mágico-religioso y muchas de ellas continúan en uso hasta nuestros días.

El peyote, empleado por los pueblos del Noroeste, se sigue usando en la actualidad y se le considera una planta divina. Cuando este cactus es comido, da resistencia contra la fatiga y calma el hambre y la sed, además de hacer entrar al individuo a un mundo de fantasías, que lo hace sentir la facultad de predecir el porvenir. En busca de tan maravillosa planta los huicholes hacen peregrinaciones anuales, desde sus hogares en el norte de Jalisco y Nayarit, hasta la región desértica de Real de Catorce en San Luis Potosí, que es donde crece este cactus. Los efectos del peyote duran de seis a ocho horas y terminan de manera progresiva hasta su cese total.

Su empleo entre los indígenas no se debe a hábito, sino que obedece a ritos religiosos. El principio activo del peyote (*Anhalonium Williamsi*) es el alcaloide llamado mescalina.

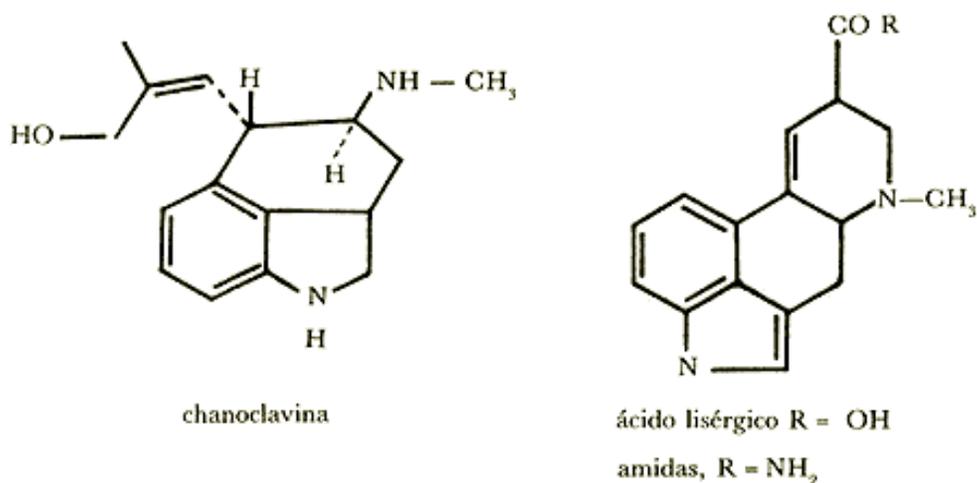


La planta mexicana llamada ololiuqui por los mexicas corresponde, según los estudios botánicos recientes, a la enredadera *Turbina corymbosa*, de la familia Convolvulácea. El ololiuqui tenía un amplio uso mágico-religioso en el México prehispánico. Según los primeros escritos posteriores a la conquista la semilla molida era usada, mezclada con otros vegetales, para unguir a sacerdotes indígenas, quienes pretendían adquirir la facultad de comunicarse con sus dioses.

Las propiedades medicinales del ololiuqui han sido mencionadas por Francisco Hernández, quien dice que es útil contra la gota. Por su parte, Acosta dice que la planta untada alivia las partes enfermas, por lo que se le llamó medicina divina.

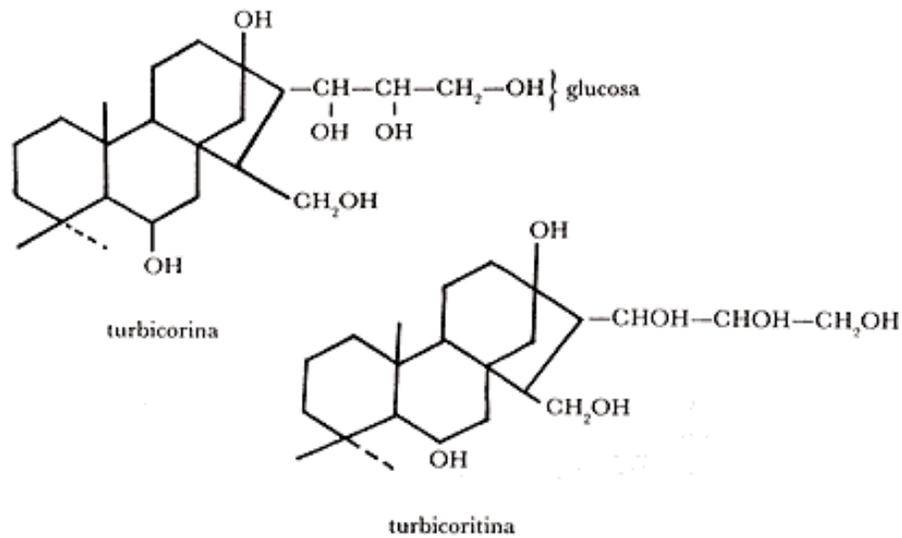
PRINCIPIOS ACTIVOS

Albert Hoffmann encontró en 1960 alcaloides del tipo del ácido lisérgico. Entre ellos obtuvo, en forma cristalina, la amida del ácido lisérgico y su epímero, la amida del ácido isolisérgico, ambos con fórmula $C_{16}H_{17}ON_3$, además del alcaloide de hongos, la chanoclavina. Los mismos alcaloides se encontraron en otra convolvulácea, la *Ipomea tricolor*.



Hoffmann ensayó las amidas del ácido lisérgico y del ácido isolisérgico, pero no encontró en ellos propiedades alucinógenas, pues sólo le produjeron cansancio, apatía y somnolencia.

Los glucósidos encontrados en la planta también tuvieron actividad relajante.



HONGOS

Ciertos hongos fueron usados con fines rituales en varias regiones del territorio mexicano y la práctica continúa también hasta nuestros días. El escrito más antiguo al que se tiene acceso se debe a André Thevet, *L'histoire du Mechiqne* (1973), basada en la obra perdida de Andrés Olmos (1543), *Antigüedades mexicanas*.

Un testimonio del uso que se daba a los hongos en diferentes regiones de México y de la determinación que tenían las autoridades civiles y religiosas de eliminar tales prácticas ha llegado clara y precisa hasta nosotros gracias a la historia narrada por Jacinto de la Serna en su *Manual de Indias para el conocimiento de su idolatría y extirpación de ella*, capítulo IV, 1556.

Allí se describe el caso de un indio de Tenango, llamado Juan Chichitón (que quiere decir perrillo), sacerdote de la religión indígena, del cual transcribimos su relato:

Y el caso fue que a él había venido un indio del pueblo de Tenango gran maestro de las supersticiones y se llamaba Juan Chichitón que quiere decir perrillo el cual había traído los hongos colorados que se cogen en el monte y con ellos había hecho una gran idolatría y antes de decirla quiero explicar la calidad de dichos hongos que se llaman en la lengua mexicana Quautlannacátl y habiendo consultado al Lic. Pedro Ponce de León, el gran ministro y maestro de maestros que dije en el capítulo II, me contó que estos hongos eran pequeños y dorados y que para cogerlos iban al monte los sacerdotes y viejos ministros para estos embustes y estaban toda la noche en oraciones y deprecaciones supersticiosas y al amanecer cuando comenzaba cierto vientecillo que ellos conocen, entonces los cogían atribuyéndole deidad y teniendo el mismo efecto que el ololiuqui o el peyote porque comidos o bebidos los embriaga o priva del sentido y les hace creer mil disparates, este pues Juan Chichitón, habiendo cogido los hongos una noche en la casa donde se juntaron en ocasión de la fiesta de un santo y los hongos con el pulque y con el fuego debajo del altar, anduvo toda la noche el teponastli y el canto y habiendo pasado la mayor parte de ella, el dicho Juan Chichitón, que era el sacerdote de aquella solemnidad, les dio a todos los circunstantes que se habían juntado a la fiesta a comer de los hongos, como a modo de comunión y a beber del pulque, que los hongos por su parte y el pulque por la suya los sacó

de juicio que fue lástima.

El relato anterior nos da una idea de las prácticas y uso de ciertas plantas con fines mágicos y religiosos entre los antiguos pobladores de México; aunque distorsionado por el distinto enfoque y los prejuicios de los españoles, son muy interesantes e informativos estos documentos.

Existen muchos más ejemplos de plantas medicinales y alucinógenas. Todas ellas son un interesante material para realizar estudios químicos.

La flora sudamericana no se queda atrás de la mesoamericana y como ejemplo bastará mencionar el caso del llamado curare, un preparado obtenido a partir de diversas plantas y usado como veneno de flechas.

CURARE

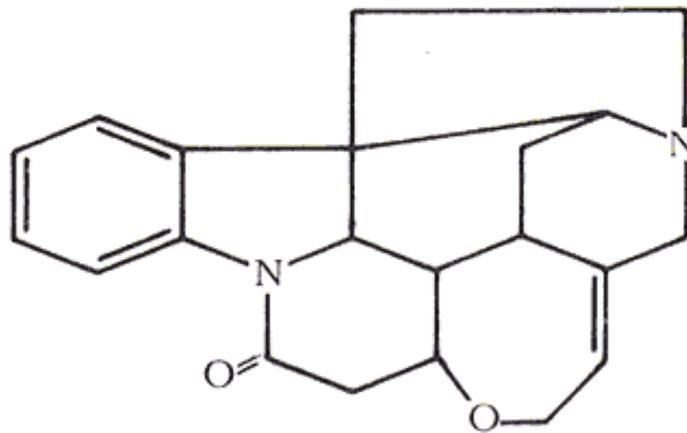
La palabra curare es una adaptación al español de una frase que en la lengua de una de las tribus sudamericanas significa "matar aves".

Es un extracto acuoso de varias plantas, entre las que se encuentran generalmente especies de *Chondodendron cissampelos* y *Strychnos*.

Para su preparación, el brujo de la tribu hace hervir por varias horas en una olla de barro los diferentes vegetales; el agua que se pierde por evaporación es sustituida por adición de más agua; mientras se mantiene la ebullición se agita la mezcla y se agregan otras sustancias venenosas como hormigas y colmillos de serpiente. Cuando el extracto adquiere cierta consistencia y color, el brujo considera que ya está listo; lo hace saber a los asistentes a la ceremonia, y cesan la música y el baile que había acompañado todo el proceso de preparación del curare. Se reparte a los allí presentes un poco de la sustancia recién preparada para su uso en la cacería.

Con este material impregnarán las puntas de flecha y dardos de cerbatanas para cazar animales pequeños; cuando éstos son heridos, aunque sea ligeramente, morirán por efecto del veneno. La carne de estos animales se puede consumir sin peligro de intoxicación, como lo demuestra la experiencia de siglos.

Entre las plantas venenosas que con mucha frecuencia se emplean en la preparación del curare se encuentran diversas especies de *Strychnos*. Estas plantas son muy venenosas debido a que contienen, entre otros alcaloides, la estricnina, sustancia tóxica que se usa para exterminar roedores y para matar animales de pieles finas. Cuando un ser humano u otro mamífero es envenenado con curare, comienza por perder el habla, después se le paralizan los miembros y los músculos faciales, hasta que, finalmente, le llega la muerte.



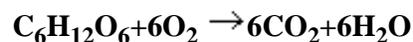
estricnina

La flora sudamericana es rica en plantas medicinales. Los polvos de corteza de quina adquirieron gran fama como medicina antimalárica después de que la marquesa de Chinchón, esposa del virrey del Perú, fue curada de paludismo con esa droga. El género de plantas andinas antipalúdicas fue llamado Cinchona y la medicina fue introducida a Europa desde 1640.

Como este medicamento, muchos otros de origen vegetal fueron usados por el hombre; aunque por ser variable el contenido del principio activo, era difícil su dosificación. Es por esto que cuando en la Edad Media se daba de beber a los acusados infusiones de dedalera (*Digitalis purpurea*) para ejecutar los juicios de Dios, no todos los acusados morían. Los que se salvaban, debido probablemente a que la planta por alguna razón tenía poco principio activo, eran considerados inocentes.

Tuvieron que pasar muchos años antes de que se pudieran aislar los principios activos al estado puro, para así poder dosificarlos bien.

No fue sino hasta finales del siglo XVIII (1772-1777) que Lavoisier demostró que el aire está constituido por nitrógeno y oxígeno, y que en la combustión el oxígeno se combina con el carbono de las sustancias orgánicas para dar bióxido de carbono y agua.



Basado en este descubrimiento, Lavoisier elaboró un método para analizar los compuestos orgánicos. Para saber cuántos átomos de carbono tenía una molécula, bastaba medir cuidadosamente el CO_2 producido, y de la cantidad de agua obtenida, se calcularía el número de hidrógenos en la molécula. Los estudios de Lavoisier crearon las condiciones apropiadas para que naciera la *química de productos naturales*. Los principios activos contenidos en plantas curativas conocidas desde la Antigüedad comenzaron entonces a ser aislados y a ser establecida su fórmula. En 1805, el farmacéutico alemán Sertürner aisló la morfina del opio. En 1820, Pelletier y Caventou aislaron de la quina los alcaloides quinina y cinchonina. Por la misma época, otros principios activos fueron aislados y analizados en cuanto a su contenido de carbono, oxígeno y algunos otros elementos como nitrógeno.

Las investigaciones químicas siguieron así perfeccionando sus conocimientos y ya no se conformaban con efectuar un simple análisis que encontrara cuántos átomos de cada elemento existen en la molécula, si no que querían saber cómo estaban acomodados, es decir la estructura de cada compuesto. Al principio esto era muy lento. Por ejemplo, para la determinación de la estructura de un compuesto tan simple como el alcanfor, cuya fórmula empírica $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$, encontrada por Dumas, se necesitó emplear 60 años de arduo

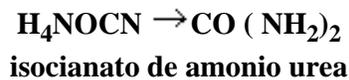
trabajo. Más aún, en la determinación estructural de una sustancia más complicada como la quinina, se invirtieron más de 100 años.

Sin embargo, con el tiempo los químicos adquirieron día tras día más habilidad en el aislamiento, purificación y determinación estructural de productos naturales.

Se dispuso de esta manera de sustancias medicinales puras, cuya administración se podía hacer con eficiencia. Sin embargo, a nadie se le ocurría intentar su síntesis, procedimiento que hubiese abaratado muchos de los productos y daría más seguridad al consumidor, que ya no dependería tanto de los monopolios ejercidos por los países productores.

Nadie pensaba en sintetizar estas sustancias naturales porque en aquel tiempo se creía que para que dichos compuestos se formaran era indispensable una fuerza vital, es decir que sólo se podían formar dentro de organismos de seres vivos y lo único que el hombre podía hacer era aislarlos.

No fue sino hasta 1828 cuando el químico Friedrich Wöhler, en el curso de un experimento con el compuesto considerado mineral, isocianato de amonio, obtuvo su transformación en el compuesto natural urea.



Este experimento demostraba que la síntesis de compuestos orgánicos era posible de llevar a cabo por el ser humano, quien sólo requería de habilidad y conocimiento.

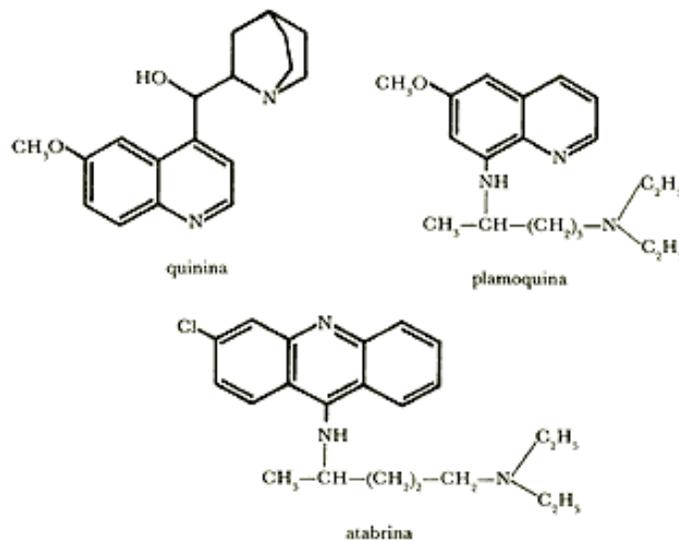
Han pasado ya cerca de 200 años desde que se inició la *química de productos naturales* y, sin embargo, sólo alrededor del 10% de las $\pm 500\,000$ especies de plantas que viven sobre la Tierra han sido estudiadas en busca de principios activos.

Tan escaso número de estudios farmacológicos es debido probablemente al hecho de que el trabajo es complicado y muchas veces decepcionante. Es frecuente estudiar una planta a la que se le atribuyen interesantes propiedades medicinales y no poder aislar el principio activo, quizá porque éste es lábil al estado puro, quizá porque su actividad sólo se presenta en unión de otros componentes de la planta. En fin, existen numerosos problemas que hacen lento el estudio de principios activos.

Es necesaria la participación de diversos especialistas botánicos expertos en taxonomía, químicos que realicen el aislamiento y purificación de los metabolitos secundarios, además de realizar estudios espectroscópicos, que ayudarán a establecer las estructuras. Posteriormente se necesitarán estudios farmacológicos y otros más.

No obstante lo relativamente limitado de los estudios fitoquímicos, existe una gran proporción de medicamentos en los que intervienen productos naturales de origen vegetal. En 1973, del número total de prescripciones médicas administradas en Estados Unidos, más de 40% contenían productos naturales, entre los que predominaban los de naturaleza esterooidal, seguidos por varios alcaloides como la codeína. La quinina sigue usándose en la actualidad a pesar de la competencia que representan las numerosas drogas sintéticas.

Pero siguiendo con la historia de la quina, es interesante mencionar que las principales plantaciones de quina se localizan en la actualidad en el sureste de Asia. En México se iniciaron en 1941 plantaciones de 600 hectáreas de la finca Guatimoc, del Estado de Chiapas, con semillas traídas precisamente del sureste de Asia. Esas plantaciones quedaron abandonadas y constituidas por árboles muy viejos de bajo contenido de alcaloides, formando una mezcla dentro de la cual existe poca quinina.



Por lo general, cuando el químico aísla y determina la estructura de una sustancia con propiedades interesantes, y sobre todo si su precio es alto, se intenta su síntesis, al mismo tiempo que se ensayan productos sintéticos que, aunque con distinta estructura, tengan actividad similar.

Durante la segunda Guerra Mundial, cuando los japoneses tomaron los territorios productores de quina, el ejército estadounidense se vio sin protección contra la amenaza que representaba la malaria, presente en los territorios del Pacífico Sur. De entre las miles de drogas sintéticas que se probaron, la atabrina fue muy eficiente, por lo que se administró como protección al ejército contra la enfermedad, con el inconveniente de que al mismo tiempo que brindaba protección contra la malaria, producía pigmentación amarilla a la piel, razón por la cual la gente que peleó en el sureste de Asia regresaba con la piel amarilla, intrigando a parientes y amigos que se impresionaban pensando que los soldados se habían orientalizado.

ZOAPATLE, CIHUAPALLI (MEDICINA DE MUJER)

Otra planta con una larga historia en su uso medicinal es el zoapatle. Esta planta era utilizada por las mujeres indígenas para inducir al parto o para corregir irregularidades en el ciclo menstrual. En la actualidad, su empleo sigue siendo bastante extendido con el objeto de facilitar el parto, aumentar la secreción de la leche y de la orina y para estimular la menstruación.

El estudio de esta planta es un ejemplo típico de las dificultades con que se encuentran quienes emprenden un estudio químico de una planta medicinal.

Los estudios químicos del zoapatle se comenzaron a realizar desde fines del siglo pasado, aunque el aislamiento de sus productos puros no se efectuó sino hasta 1970, cuando se obtuvieron de la raíz varios derivados del ácido kaurénico. En 1971 se aislaron lactonas sesquiterpénicas y a partir de 1972 se inician estudios que culminan con el aislamiento de los diterpenos activos llamados zoapatanol y montanol. Las patentes para la obtención de estos productos fueron adquiridos por la compañía farmacéutica estadounidense Ortho Corporation. La síntesis de zoapatanol fue llevada a cabo en 1980.

De otras especies de *Montanoa* conocidas también como zoapatle, y usadas con el mismo fin, se han aislado diterpenos con esqueleto de kaurano, tales como el ácido kaurénico, al que se le han encontrado propiedades relajantes de la actividad uterina.

Hoy en día en los mercados de plantas medicinales se venden como Zoapatle varias especies de *Montanoa*: *M. tomentosa*, *M. frutescens* y *M. floribunda*.

Los estudios de plantas usadas desde la época precortesiana son ya muchos, pero la tarea es aún larga, puesto que el legado de nuestros antepasados es muy grande.

REFERENCIAS

1. Burger, A., *Medicinal Chemistry*, Interscience Publishers Inc., Nueva York, 1960.
2. Giral, F. y Rojahn, C. A., *Productos químicos y farmacéuticos*, Editorial Atlante, México, 1956, p. 2052.
3. More, F. J. y Hall, W. T., *History of Chemistry*, McGraw Hill Co., Nueva York, Londres, 1939.
4. Farnsworth, N. R. y Bingel, A. S., en *New Natural Products and Plant Drug with Pharmacological, Biological or Therapeutic Activity*, capítulo 1, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Nueva York, 1977.
5. Soberón, P. G. y Peláez, D., "Prod. nacional de medicamentos antipalúdicos", en *Ciencia* 7, 121(1946).
6. Losoya, S. y Losoya, M., "Flora medicinal de México," *Plantas Indígenas*, 1a. parte, IMSS, México, 193 (1982).
7. Caballero, Y. y Walls, F., "Productos naturales del zoapatle (*Montanoa tomentosa* Cerv.)", *Bol. Inst. Quím. Univ. Nac. Autóm. Méx.* 22, 79 (1970).
8. Geissman, T. A. y Griffin, T. S., "Sequiterpene Lactones. Tomentosin from *Montanoa tomentosa* Cer.", *Rev. Latinoam. Quím.* 2, 81(1971).
9. Levine, S. A., Adams, R. E., Chen, R., Cotter, M., Hirsh, A. F., Kane, V. V., Kanodia, R. M., Show, Ch., Wachter, M. R., Chin, E., Huettmann, R., Ostrowski, P., Mateos, J. L., Noriega, L., Guzmán, A., Mijarez, A. y Tovar, patanol and Montanol, novel oxepane diterpenoids from the mexican plant zoapatle (*M. Tomentosa*)", *J. Am. Chem. Soc.*, 101, 3404 (1979).
10. Marker, R. E., Wagner, R., Pulshafer, B., Wilbecker, L., Goldsmith D. P. y Ruof, C., "Sterols CLVII. Sapogenins LXIX. Isolation and structures of thirteen new steroidal sapogenins. New source for known sapogenins." *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1199 (1943).
11. A. Romo de Vivar, B. Arreguín, R. Camacho, C. Guerrero, A. Ortega y M. N. Castillo, "Contenido esteroideal de *Yucca filifera* (Hart ex Engelms). Aislamiento de las filiferinas (saponinas esteroidales)."
12. Hernando García Barriga, *Flora medicinal colombiana*, tomo II, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Bogotá, I). E. Colombia, 1974, p. 399.
13. Heim R. y Wasson G., *Les champignons halucinogènes du Mexique*. Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, París, 1959.





VI. FERMENTACIONES, PULQUE, COLONCHE, TEGÜINO, POZOL, MODIFICACIONES QUÍMICAS

MUCHOS microorganismos son capaces de provocar cambios químicos en diferentes sustancias, especialmente en carbohidratos. Es de todos conocido el hecho de que al dejar alimentos a la intemperie en poco tiempo han alterado su sabor y, si se dejan algún tiempo más, la fermentación se hace evidente comenzando a desprender burbujas como si estuviesen hirviendo. Esta observación hizo que el proceso fuese denominado fermentación (de *fervere*, hervir). Esta reacción, que ocurre en forma espontánea, provocada por microorganismos que ya existían o que cayeron del aire, hacen que la leche se agrie, que los frijoles se aceden y otros alimentos se descompongan, y que el jugo de piña adquiera sabor agrio y llegue a transformarse en vinagre.

Estos hechos fueron conocidos desde las épocas más remotas, siendo quizá la fermentación el proceso químico más antiguo que el hombre pudo controlar. Éste observó que las uvas con el tiempo adquirían un cierto sabor al que llegó a aficionarse; así, el vino llegó a producirse en la región del Tigris y en Egipto desde hace ya varios miles de años. Los mercaderes griegos llevaron la uva y su cultivo a Marsella desde 600 años a.C. y su cultivo se extendió hasta el Rin desde 200 años a. C.

El vino se convirtió en la bebida preferida de los pueblos mediterráneos, quienes la conservan hasta hoy y la han extendido a todo el mundo.

PULQUE

El pulque fue en Mesoamérica lo que el vino fue para los pueblos mediterráneos.

El pulque fue una bebida ritual para los mexicas y otros pueblos mesoamericanos. Era la bebida que se daba en las bodas, que se les daba a beber a los guerreros vencidos que iban a ser inmolados, la que se usaba en importantes ceremonias religiosas, etc. Estuvo tan arraigada en la cultura autóctona, que no bastaron 300 años de esfuerzos de las autoridades coloniales para eliminar su consumo, ni han bastado tampoco 176 años de esfuerzos de la sociedad independiente por desprestigiarla y tratar de sustituirla por otras bebidas obtenidas por fermentación, muy altamente prestigiadas por ser originarias de los pueblos europeos, cuya cultura se ha impuesto, como la cerveza y el vino, que cuentan con los medios masivos de comunicación para exaltar sus virtudes y el buen gusto que implica el consumirlas y ofrecerlas. A pesar del constante bombardeo propagandístico de los medios de comunicación, no se ha logrado eliminar la práctica ancestral de consumir pulque en las comunidades rurales y, todavía en escala significativa, en las ciudades.

El pulque es el producto de la fermentación de la savia azucarada o aguamiel, que se obtiene al eliminar el quíote o brote floral y hacer una cavidad en donde se acumula el aguamiel en cantidades que pueden llegar a seis litros diarios durante tres meses.

Para recogerlo se utiliza el acocote, que es una calabaza alargada que sirve como pipeta de grandes proporciones.

El aguamiel se consume directamente, siendo una bebida de sabor agradable que contiene alrededor de 9% de azúcares (sacarosa). Se puede beber cruda o hervida. Cuando se consume cruda existe el peligro de que las saponinas que contiene, al tocar la piel junto a la boca, la irriten produciendo ronchas.

Los mexicas, en su peregrinación desde Aztlán o Lugar de las Garzas, en busca de Tenochtitlán,

aprendieron a fermentar este jugo azucarado al que atribuyeron propiedades mágicas.

Esta bebida, llamada octli, tuvo una gran importancia a juzgar por los testimonios pintados en diversos códices.

A la llegada de los españoles, este vino blanco perdió, junto con su nombre (octli), su categoría y pasó, con el nombre de pulque, a ser la bebida de los pobres, quienes han mantenido su afición a él hasta nuestros días.

El nombre *pulque* con el que los españoles denominaron a esta bebida da idea de la degradación en categoría que sufrió, ya que, según Núñez Ortega, este nombre deriva de *poliuqui*, que significa *descompuesto*. Posiblemente impresionó a los conquistadores oír exclamar a los indígenas, cuando se les daba un pulque de mala calidad, *octli poliuqui*, es decir *pulque malo* o *descompuesto*, de manera que el adjetivo aplicado a la bebida descompuesta fue lo que pasó al español, en vez del octli, que era el nombre de la bebida.

El pulque, a pesar de los intentos por erradicar su consumo, sigue siendo utilizado hasta nuestros días y forma parte importante del folklore mexicano.

MANUFACTURA DEL PULQUE

El procedimiento tradicional, que data desde las épocas prehispánicas, consiste en recoger el aguamiel y colocarlo en un recipiente de cuero, donde se lleva a cabo la fermentación provocada por la flora natural del aguamiel. Esto constituye la semilla con la que se inocularán las tinajas de fermentación, también de cuero, con capacidad de aproximadamente 700 litros.

Conforme la fermentación avanza, es controlada por catadores que vigilan la viscosidad y sabor para determinar el momento en que se debe suspender. Una vez hecho esto, se envasa el pulque en barriles de madera y se distribuye en los expendios llamados pulquerías.

El pulque es una bebida blanca con un contenido alcohólico promedio de 4.26%. Entre los principales microorganismos que intervienen en la fermentación se cuentan el *Lactobacillos sp.* y el *Leuconostoc*, que son los que provocan la viscosidad, y la *Saccharomyces carbajali*, que es la levadura responsable de la fermentación alcohólica.

El pulque es elaborado con la savia del *Agave atrovirens*. Otros agaves son aún más ricos en azúcares y por lo tanto productores de materias primas susceptibles de ser fermentadas.

Por ejemplo, el *Agave tequilana*, del que se obtiene la bebida alcohólica llamada tequila, es una planta con un alto contenido de azúcares en todas sus partes, especialmente en su tallo o piña, que es donde se acumulan los azúcares de reserva en forma de fructosanas, de las que llega a obtener entre 15 y 25%. Este alto contenido de azúcares hace a la planta útil no sólo en la elaboración del tequila, sino también en otras fermentaciones.

OTRAS BEBIDAS MEXICANAS OBTENIDAS POR FERMENTACIÓN

Colonche

Se conoce como colonche a la bebida alcohólica roja de sabor dulce

obtenida por fermentación espontánea del jugo de tuna, especialmente de la tuna cardona (*Opuntia streptacantha*).

El colonche se prepara para el consumo local de los estados donde es abundante el nopal silvestre, como son Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas.

El procedimiento que se sigue para su elaboración no ha cambiado, aparentemente, desde hace miles de años. Las tunas se recolectan en el monte, se pelan y enseguida se exprimen y cuelan a través de un cedazo de ixtle o paja para eliminar las semillas. El jugo se hierva y se deja reposar para que sufra la fermentación espontánea. En ocasiones se agrega un poco de colonche para acelerar la fermentación. Se pueden agregar al jugo también algunas de las cáscaras de la tuna, ya que son éstas las que contienen los microorganismos que provocan la fermentación.

El colonche recién preparado es una bebida gaseosa de sabor agradable que con el tiempo adquiere sabor agrio.

Los estudios de Ulloa y Herrera señalan que la fermentación del jugo de tuna se debe, entre otros microorganismos, a una bacteria y a la levadura *Torulopsis taboadae*, que es la primera levadura aislada del colonche, lo que indica la poca atención que se ha prestado a las bebidas netamente mexicanas.

El tesgüino, bebida típica de los pueblos del norte y noroeste de México

El tesgüino es una bebida consumida en las comunidades indígenas y por la población mestiza de varios estados del norte y noroeste de México.

Entre los pueblos indígenas el tesgüino tiene un importante uso ceremonial, puesto que se consume en celebraciones religiosas, en funerales y durante sus juegos deportivos.

Los mestizos, por su parte, lo toman como refresco de bajo contenido alcohólico.

Para su preparación, el maíz se remoja durante varios días, se escurre y luego se deja reposar en la oscuridad para que al germinar produzca plántulas blancas de sabor dulce. El maíz germinado, preparado de esta manera, se muele en un metate; enseguida se hierva hasta que adquiere color amarillo, se coloca en un recipiente de barro cocido y se deja fermentar. Para lograr la fermentación, se agregan varias plantas y cortezas, dejando la mezcla en reposo por varios días antes de servirla para su consumo.

Pozol

El pozol es maíz molido y fermentado que al ser diluido con agua produce una suspensión blanca que se consume como bebida refrescante y nutritiva. Se puede agregar a la bebida sal y chile molido, azúcar o miel según el gusto o los fines a que se destine.

El pozol se consume durante las comidas o como refresco a cualquier hora del día. Los indígenas de Chiapas o de otros estados del Sureste lo llevan como provisión antes de emprender un viaje o antes de iniciar su jornada de trabajo.

Preparación: Para la obtención del pozol se prepara una masa de maíz, siguiendo el mismo procedimiento que se utiliza para la preparación de las tortillas. Veamos en que consiste éste.

El maíz se hierva en agua de cal aproximadamente al 10%. El maíz cocido, llamado nixtamal, se escurre y se lava con agua limpia. El nixtamal limpio se muele en metate o en un molino hasta obtener una masa con la que se hacen bolas que se envuelven en hojas de plátano para mantener la humedad. En esta forma se deja reposar por varios días para que la fermentación se lleve a cabo. Dependiendo del tiempo en que ésta

se realice, variará el gusto del producto final.

El pozol es un mejor alimento que el maíz sin fermentar, ya que entre los microorganismos responsables de la fermentación existen algunos fijadores del nitrógeno atmosférico, como el *Agrobacterium azotophilum*, y otros que le dan aroma y sabor, tales como los *Saccharomyces cerevisiae*, que son los que producen alcohol, y otros más que son los productores de ácido, que ayudan a impartirle el sabor característico.

El pozol es uno de los alimentos en que se conserva la antigua sabiduría de los pueblos prehispánicos, pues al transformar el maíz en pozol se ayuda a su conservación y se mejora su sabor y sus propiedades nutritivas, y esto debido a la fijación del nitrógeno del aire que efectúan algunas de las bacterias especializadas que contiene el pozol.

FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica producida por levaduras ha sido utilizada por todos los diferentes pueblos de la Tierra.

En la obtención industrial de etanol se usan diversos sustratos; entre ellos, uno de los principales son las mieles incristalizables que quedan como residuo después de la cristalización del azúcar en los ingenios.

Muchos sustratos con alto contenido de azúcares y almidones se utilizan en la preparación de bebidas alcohólicas como la cerveza, que tiene muy amplio consumo en el ámbito mundial. Pero no sólo para la producción de alcohol o vino se emplea la levadura, un empleo muy antiguo y actualmente generalizado en el mundo entero es la fabricación de pan.

El uso de la levadura en la fabricación del pan fue descubierto por los egipcios varios siglos antes de Cristo. El historiador griego Herodoto menciona su empleo en las panaderías egipcias desde 500 años antes de Cristo.

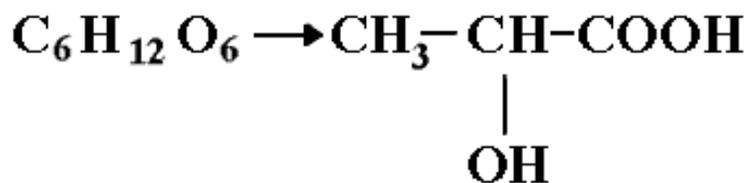
Al mezclarse la levadura con la masa de harina se lleva a cabo una fermentación por medio de la cual algunas moléculas de almidón se rompen para dar glucosa, la que se sigue fermentando hasta dar alcohol y bióxido de carbono (CO₂). Es este gas el que esponja la masa de harina y hace que el pan sea suave y esponjoso. De no haber puesto levadura, el pan hubiese tenido la consistencia de una galleta. Junto con el alcohol se producen algunos ácidos que le imparten al pan su muy apreciado sabor.

OTROS PRODUCTOS OBTENIDOS POR FERMENTACIÓN

Fermentación láctica

La leche es fermentada por varios microorganismos tales como *Lactobacillus casei*, o por cocos como el *Streptococcus cremoris*, transformándose en alimentos duraderos como yogur y la gran variedad de quesos tan preciados en la mesa.

La acidez de la leche fermentada se debe al ácido láctico que se forma por la transformación de los azúcares de la leche (de la lactosa). Este mismo tipo de fermentación es el que sufre la col en la preparación del sauerkraut de tan amplio consumo en la mesa de los pueblos europeos.



azúcares

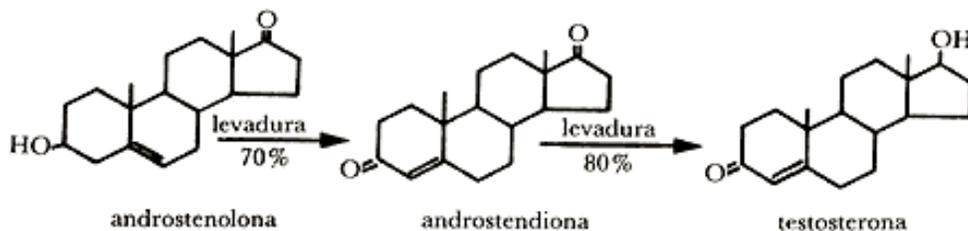
ac. láctico

Las fermentaciones pueden ser provocadas por muy diversos microorganismos, por lo que las transformaciones pueden seguir distintos caminos y, por lo tanto, obtenerse diferentes productos, tales como ácido butírico, butanol, acetona, isopropanol, ácido propiónico y muchos otros más.

El químico se ha dado cuenta de la gran utilidad que pueden prestar los microorganismos al efectuar transformaciones de un producto en otro y sobretodo al realizar cambios parciales en algunas moléculas, cambios que por medios químicos son muy difíciles de llevar a cabo, debido a la necesidad de gastar mucho tiempo y reactivos, además de obtener pobres rendimientos.

Muchas de estas difíciles reacciones las realizan los microorganismos en poco tiempo y con excelentes rendimientos.

La primera transformación química en esteroides fue efectuada por Mamoli y Vancellone en 1937. Ellos obtuvieron testosterona, la hormona masculina, a partir de androstenolona. El proceso se hizo en dos pasos: primero, se efectuó la oxidación de androstenolona por agitación de la sustancia finamente dividida en suspensión en agua adicionada de fosfato. En esta suspensión la levadura trabaja oxidando al esteroide por medio del oxígeno del aire durante dos días.

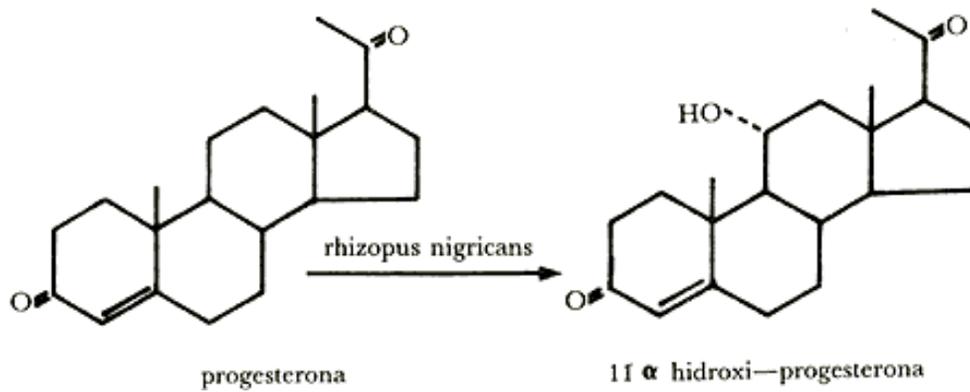


Segundo, la androstenediona así obtenida se separa y se hace fermentar con levadura que trabaja en una solución azucarada. En este paso el microorganismo reduce selectivamente un carbonilo y produce la hormona masculina, la testosterona.

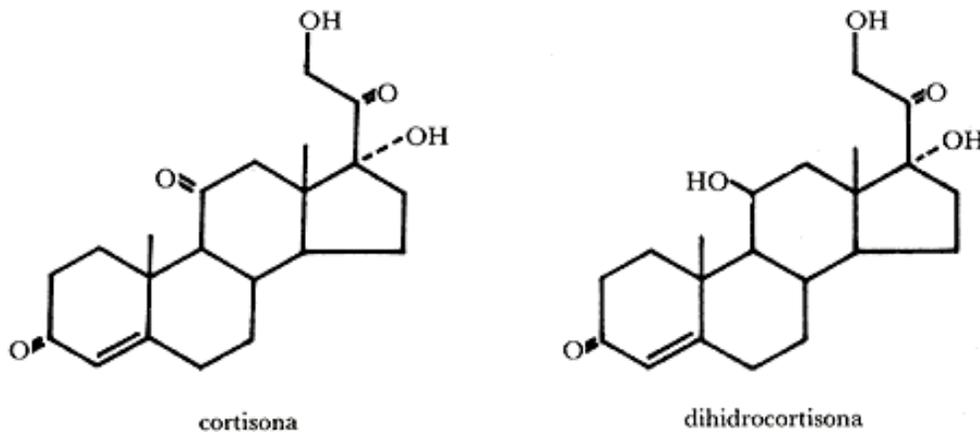
Así pues, como en el ejemplo anterior, los microorganismos hacen oxidaciones y reducciones selectivas para obtener sustancias tan valiosas como la hormona testosterona.

Las fermentaciones se han utilizado también para obtener corticoides.

El grupo de investigación de los laboratorios Upjohn empleó en 1952 un cultivo del hongo *Rhizopus nigricans* para introducir un grupo alcohol (OH) a la progesterona y producir la 11 α -hidroxiprogesterona.



La introducción del grupo hidróxido en la posición 11 α de la progesterona es un paso clave en la ruta hacia los corticoides, que son sustancias con importantes actividades biológicas que las hacen útiles en medicina. Entre los corticoides más conocidos podemos mencionar a la cortisona y a la dihidrocortisona.



Ambas sustancias son útiles en el tratamiento de múltiples enfermedades, como artritis reumatoide, inflamaciones de la piel, enfermedad de Addison, asma, etcétera.

El uso de los microorganismos en la obtención de nuevos productos y en la modificación de algunas moléculas es tan amplia, que su descripción llena libros y grandes colecciones especializadas. Aquí sólo hemos dado unos cuantos ejemplos que quizá despierten el interés del lector que podrá acudir a ellas para obtener mayor información.

REFERENCIAS

1. O. Gonçalves de Lima, *El maguey y el pulque en los códigos mexicanos*, México, Fondo de Cultura Económica, 1956.
2. A. Sánchez Marroquín, *Los agaves de México en la industria alimentaria de México*, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, 1979.
3. *Handbook of indigenous fermented foods*, editado por Keith H. Steinkraus, 1983, Marcel Dekker, Nueva York.

4. Ulloa M., Herrera T. y Taboada J., *Pozol a fermented maize dough consumed in southeastern Mexico*, Symposium on indigenous fermented foods, Bangkok, Tailandia, 1977.

5. Taboada J. Ulloa M. y Herrera T., 1977 *Microbiological studies on tesgüino, a fermented maize beverage consumed in northern and central Mexico*, Symposium on indigenous fermented food, Bangkok, Tailandia.



VII. JABONES, SAPONINAS Y DETERGENTES

MUCHAS veces hemos visto maravillados cómo en una fría mañana invernal los patos nadan en el estanque sin una aparente preocupación por ser mojados por las frías aguas; cuando por fin dejan el estanque, simplemente se sacuden de las gotas superficiales y su plumaje queda tan seco como antes de su contacto con el agua. Al observar las aguas estancadas es frecuente ver insectos que con gran seguridad van y vienen corriendo sobre la superficie del agua. Ambos fenómenos tienen que ver con el hecho muy conocido de que el agua y el aceite no se mezclan.

Tanto el cuerpo del insecto como el plumaje de los patos se encuentran cubiertos por una capa de grasa que los hace impermeables.

Cuando la ropa u otros objetos se manchan con grasa y tratamos de lavarlos con agua sucederá lo mismo que con el plumaje de los patos: el agua no moja a la mancha de aceite. El agua, por lo tanto, no sirve para limpiar objetos sucios con aceites o grasas; sin embargo, con la ayuda de jabón o detergente sí podemos eliminar la mancha de grasa. El efecto limpiador de jabones y detergentes se debe a que en su molécula existe una parte lipofílica por medio de la cual se unen a la grasa o aceite, mientras que la otra parte de la molécula es hidrofílica, tiene afinidad por el agua, por lo que se une con ella; así, el jabón toma la grasa y la lleva al agua formando una emulsión (Figura 16).

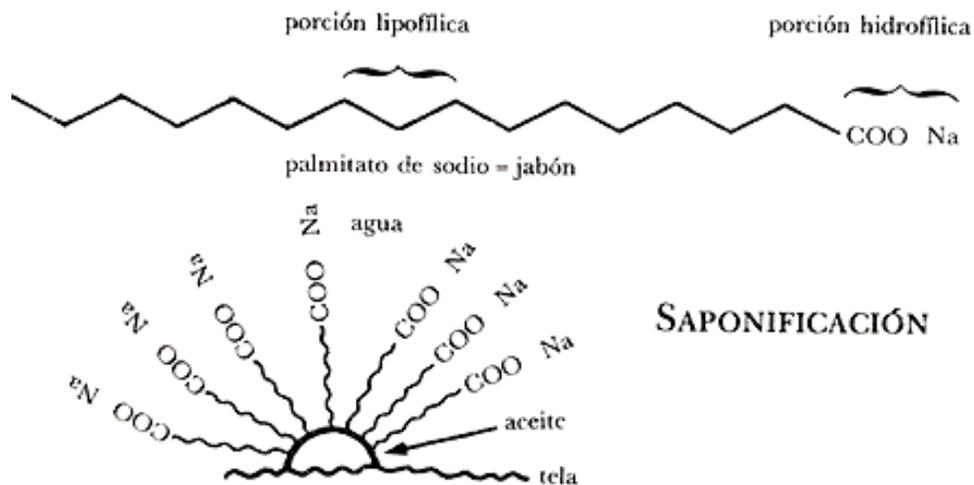


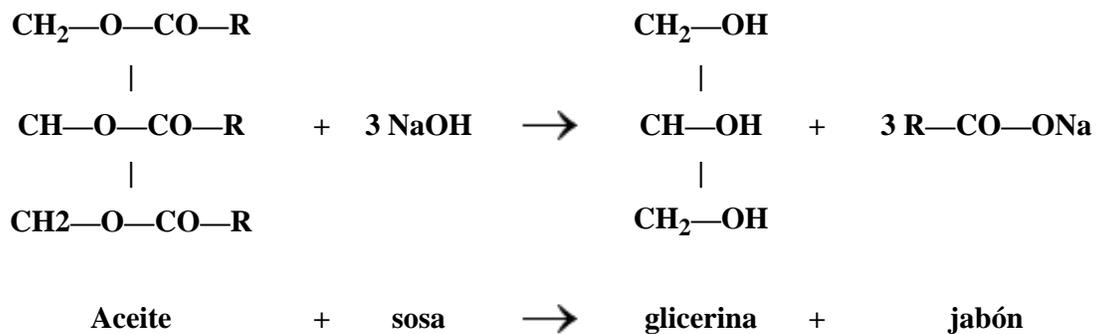
Figura 16.

SAPONIFICACIÓN

Los jabones se preparan por medio de una de las reacciones químicas más conocidas: la llamada saponificación de aceites y grasas.

Los aceites vegetales, como el aceite de coco o de olivo, y las grasas animales, como el sebo, son ésteres de glicerina con ácidos grasos. Por eso cuando son tratados con una base fuerte como sosa o potasa se saponifican, es decir producen la sal del ácido graso conocida como jabón y liberan glicerina. En el caso de que la saponificación se efectúe con sosa, se obtendrán los jabones de sodio, que son sólidos y ampliamente usados en el hogar. En caso de hacerlo con potasa, se obtendrán jabones de potasio, que tienen consistencia líquida.

La reacción química que se efectúa en la fabricación de jabón se puede representar en forma general como sigue:



Con frecuencia se agrega brea en el proceso de saponificación obteniéndose así jabones en los que, junto con las sales de sodio de ácidos grasos, se tendrá la sal de sodio de ácidos resínicos, lo que los hace más solubles y más apropiados para lavar ropa. Evidentemente se podrán obtener sales de ácidos grasos con otros metales, especialmente con calcio, ya que el hidróxido más abundante y barato es la cal, Ca(OH)_2 . Ahora bien, si la saponificación se hace con cal, el producto será el jabón de calcio, Ca(OCOR)_2 . El problema es que este jabón es un sólido duro e insoluble, por lo que no sirve para los fines domésticos a los que se destinan los jabones de sodio.

Los jabones de sodio tienen un amplio uso en nuestra civilización, por lo que la industria jabonera es una de las más extensamente distribuidas en el mundo entero.

FABRICACIÓN DE JABÓN

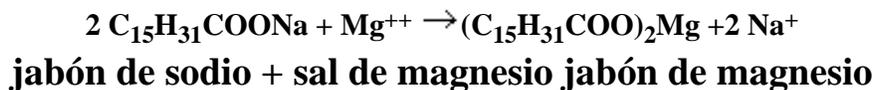
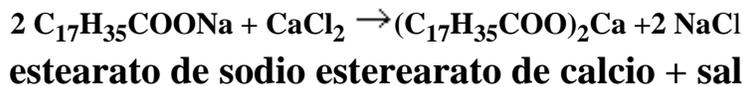
El proceso de fabricación de jabón es, a grandes rasgos, el siguiente: se coloca el aceite o grasa en un recipiente de acero inoxidable, llamado paila, que puede ser calentado mediante un serpentín perforado por el que se hace circular vapor. Cuando la grasa se ha fundido $\pm 80^\circ$, o el aceite se ha calentado, se agrega lentamente y con agitación una solución acuosa de sosa. La agitación se continúa hasta obtener la saponificación total. Se agrega una solución de sal común (NaCl) para que el jabón se separe y quede flotando sobre la solución acuosa.

Se recoge el jabón y se le agregan colorantes, perfumes, medicinas u otros ingredientes, dependiendo del uso que se le quiera dar. El jabón se enfría y se corta en porciones, las que enseguida se secan y prensan, dejando un material con un contenido de agua superior al 25%.

ACCIÓN DE LAS IMPUREZAS DEL AGUA SOBRE EL JABÓN

Cuando el agua que se usa para lavar ropa o para el baño contiene sales de calcio u otros metales, como magnesio o fierro, se le llama agua dura.

Este tipo de agua ni cuece bien las verduras ni disuelve el jabón. Esto último sucede así, porque el jabón reacciona con las sales disueltas en el agua y, como consecuencia, produce jabones insolubles, de acuerdo con la siguiente reacción:



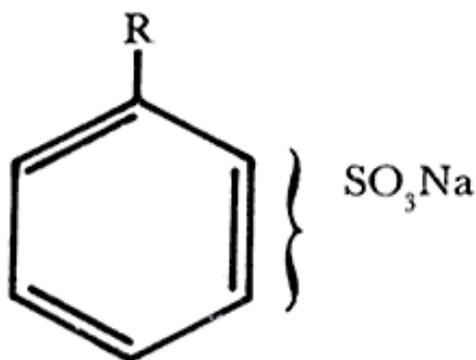
Por tanto, cuando se utilizan aguas duras, la cantidad de jabón que se necesita usar es mucho mayor, ya que gran cantidad de éste se gasta en la formación de sales insolubles. Como consecuencia de ello, el jabón no produce espuma hasta que todas las sales de calcio o magnesio se han gastado produciendo una sustancia insoluble, la cual, además de su mal aspecto, tiene su acción deteriorante de las telas, puesto que ese material duro queda depositado entre los intersticios de los tejidos.

De la misma forma, cuando el agua dura se usa en calderas, la sal de estos metales se adhiere a los tubos dificultando el intercambio de calor y, por lo tanto, disminuyendo su eficiencia.

Debido a lo anterior, el ablandamiento de las aguas es de gran importancia.

DETERGENTES

Los primeros detergentes sintéticos fueron descubiertos en Alemania en 1936, en lugares donde el agua es muy dura y por lo tanto el jabón formaba natas y no daba espuma. Los primeros detergentes fueron sulfatos de alcoholes y después alquilbencenos sulfonados, más tarde sustituidos por una larga cadena alifática, generalmente muy ramificada.



R = cadena alifática que se puede tener de 12 a 18 átomos de carbono

Los resultados fueron positivos, pues al usarse en agua muy dura siguieron dando abundante espuma por no formar sales insolubles con calcio y otros constituyentes de las aguas duras.

Dado que los detergentes han resultado ser tan útiles por emulsionar grasas con mayor eficiencia que los jabones, su uso se ha popularizado, pero, contradictoriamente, han creado un gran problema de

contaminación, ya que muchos de ellos no son degradables. Basta con ver los ríos rápidos que llevan las aguas municipales para darse cuenta de cómo se elevan en ellos verdaderas montañas de espuma. Para evitar esto, se han hecho esfuerzos por sustituir la cadena lateral (**R**) ramificada por una cadena lineal, la que sí sería biodegradable. Los detergentes son muy variados, y los hay para muy diversos usos; simplemente, para ser efectivos en las condiciones de temperatura que se acostumbran en el lavado industrial de los distintos pueblos de la Tierra, tiene que variar su formulación.

El lavado industrial en Europa se acostumbra hacer a alta temperatura, entre 90 y 95°. Por su parte, en los Estados Unidos se hace entre 50 y 60°, mientras que en México se realiza a temperatura ambiente.

Las diferentes condiciones de temperatura en las que se realiza el lavado trae problemas a los fabricantes de detergentes. Éstos deben estar seguros de que el detergente se disuelve en agua a la temperatura adecuada. Los detergentes más comunes en los Estados Unidos no son fácilmente solubles en frío. Los agentes blanqueadores como el perborato, que funciona bien en caliente, cuando se utiliza en frío tiene que ser reforzado con activadores, pues en agua tibia los blanqueadores pierden eficiencia.

ENZIMAS

Estos materiales adquirieron gran popularidad en Estados Unidos y Europa en la década de los sesenta debido a su facultad de eliminar manchas proteicas o carbohidratos, aun en el remojo. Los detergentes con esta formulación son capaces de eliminar manchas de sangre, huevo, frutas, etcétera.

Con todo, estos detergentes han producido problemas de salud en los obreros que trabajan en su elaboración. Por suerte, hasta ahora no los han provocado en las amas de casa.

El problema con los obreros se debió principalmente a que los detergentes producen polvo que, al ser aspirado, pasa a los pulmones. Esto se ha resuelto fabricando detergentes con gránulos mayores, para que no produzcan polvo.

Los fabricantes de detergentes de Europa y Japón están poniendo enzimas en la mayor parte de sus productos.

Entre las sustancias que se agregan a los detergentes para mejorar sus características se encuentran ciertas sustancias que protegen a las telas contra la fijación del polvo del suelo o el atmosférico. Estas sustancias, que mantienen a las telas limpias por más tiempo al evitar la reimplantación del polvo, son sin duda de gran utilidad, pues evitan trabajo y deterioro de la tela.

Una sustancia con esas propiedades es la carboxi-metilcelulosa, que es eficiente en algodón y otras telas celulósicas, pero falla con telas sintéticas.

Para estas últimas es útil el uso de 1 a 6% de ácido poliacrílico o de poliacrilatos.

Los ácidos carboxílicos secuestran la dureza del agua reaccionando con las sales metálicas presentes en esas aguas.

El tripolifosfato de sodio es un excelente secuestrante y por muchos años se ha usado con óptimos resultados. Por desgracia en los Estados Unidos se empezaron a observar efectos de eutrofización de las aguas, por lo que su uso está siendo severamente restringido.

Lo mismo está sucediendo en Europa, donde también se han descubierto daños por eutrofización, fenómeno que consiste en el aumento de nutrientes a un ritmo excesivo, por lo que al descomponerse la

materia prima orgánica que ingresa (detergentes), disminuye el oxígeno disuelto, alterando la vida en las aguas.

La industria de jabones y detergentes que contribuye a mantener a nuestro mundo libre de inmundicias, es muy grande. En 1984 fue de 24 millones de toneladas y tan sólo en América Latina se produjeron 2.7 millones de toneladas.

SAPONINAS

Antes de que el hombre creara la gran industria del jabón se usaban jabones naturales llamados saponinas (nombre derivado del latín *sapo*, jabón) y conocidos por los mexicanos como *amole*. Muchas raíces y follaje de plantas tienen la propiedad de hacer espuma con el agua, por lo que se han utilizado desde la Antigüedad para lavar ropa. Los pueblos prehispánicos del centro de México llamaban *amole* a estas plantas y eran sus jabones. Aun en la actualidad en muchas comunidades rurales se emplea el *amole* tanto para lavar ropa fina, como para evitar que se deteriore, ya que es un detergente neutro perfectamente degradable.

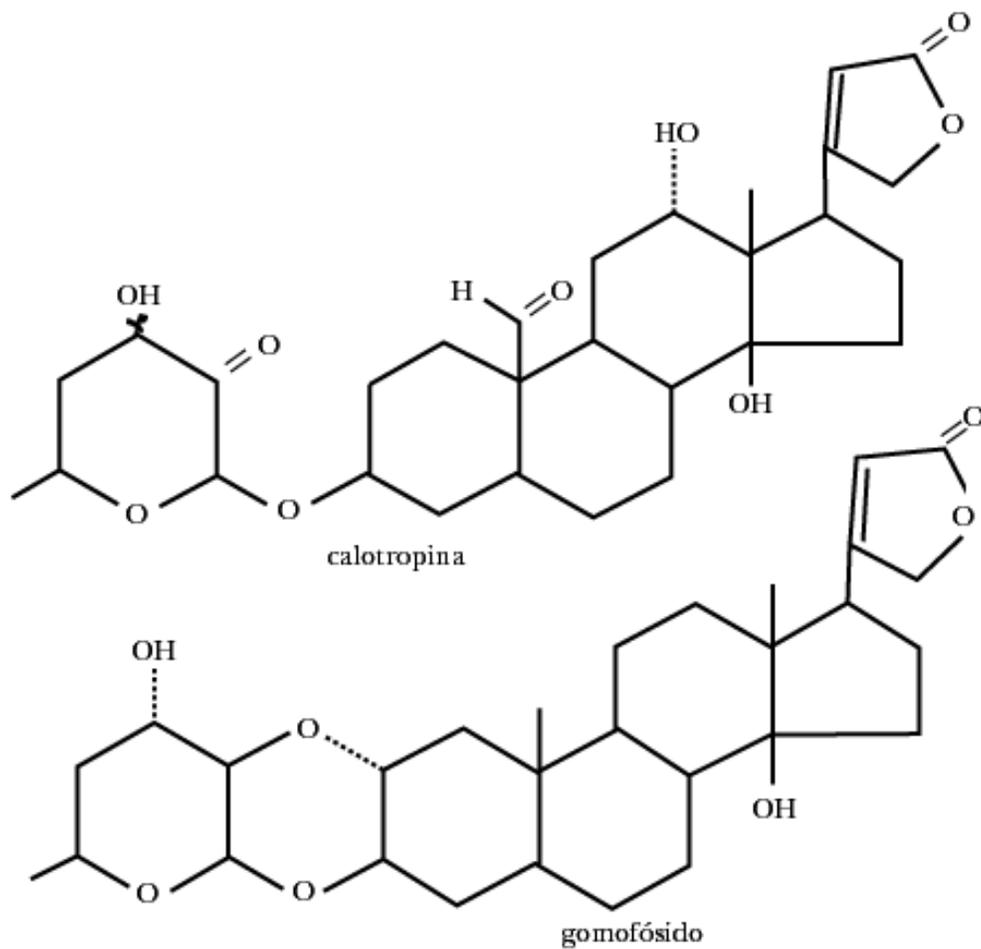
Las saponinas se han usado también como veneno de peces, macerando en agua un poco del órgano vegetal que lo contiene, con la ventaja de que los peces muertos por este procedimiento no son tóxicos.

Las saponinas producen hemólisis a grandes diluciones y están constituidas por grandes moléculas orgánicas, como esteroides o triterpenos, unidas a una o varias azúcares, por lo que contienen los elementos necesarios para emulsionar la grasa: una parte lipofílica, que es el esteroide o triterpeno, por medio del cual se unirá a la grasa, y una parte hidrofílica, que es el azúcar, por medio de la cual se unirá al agua.

Entre las saponinas de naturaleza esteroideal son muy importantes los glicósidos cardíacos, obtenidos de la semilla de la dedalera o *Digitalis purpurea*. El extracto obtenido de estas semillas, que contienen una mezcla de saponinas, es muy útil en el tratamiento de enfermedades del corazón. Sin embargo, un exceso de estas sustancias es peligroso y puede causar incluso la muerte. Debido a esto, las infusiones de dedalera se utilizaron en la Edad Media en los juicios de Dios (ver capítulo v).

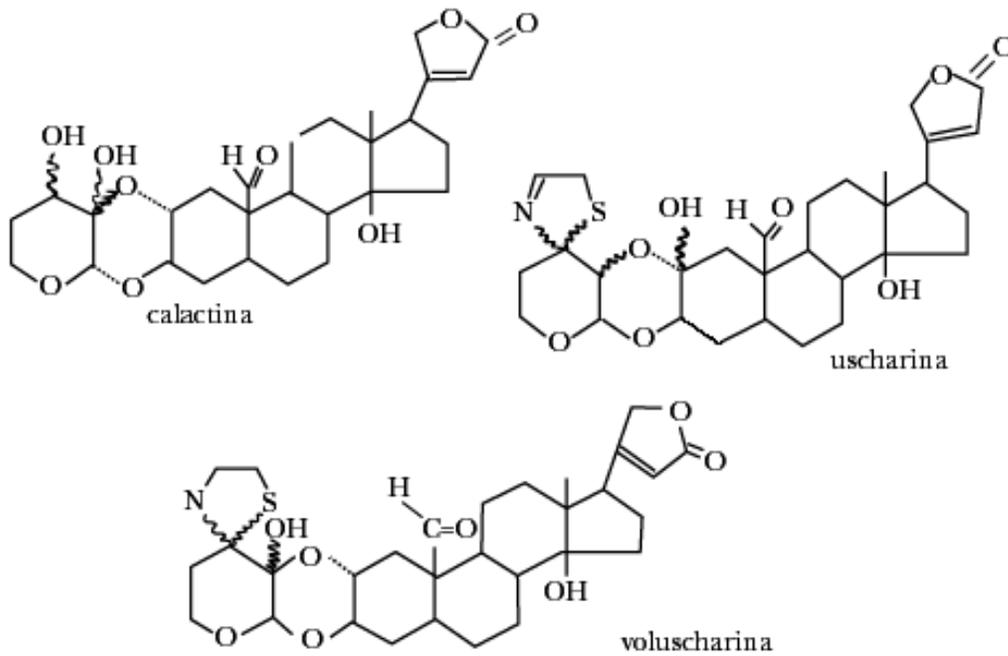
Los glucósidos cardíacos se encuentran no sólo en la dedalera, sino que hay otras plantas que también las contienen, tales como las distintas especies de la familia *Asclepidacea*.

Esta familia de plantas es rica en ellos, y su principal característica es la producción de un jugo lechoso cuando se le cortan hojas o tallos. Ha adquirido notoriedad por ser las plantas que alimentan a la mariposa monarca en su estado larvario. De esta planta las mariposas toman los glicósidos cardíacos que la volverán tóxica y por consiguiente desaniman a las aves a que las consuman como alimento. Algunos de estos glicósidos son los que se ilustran enseguida:

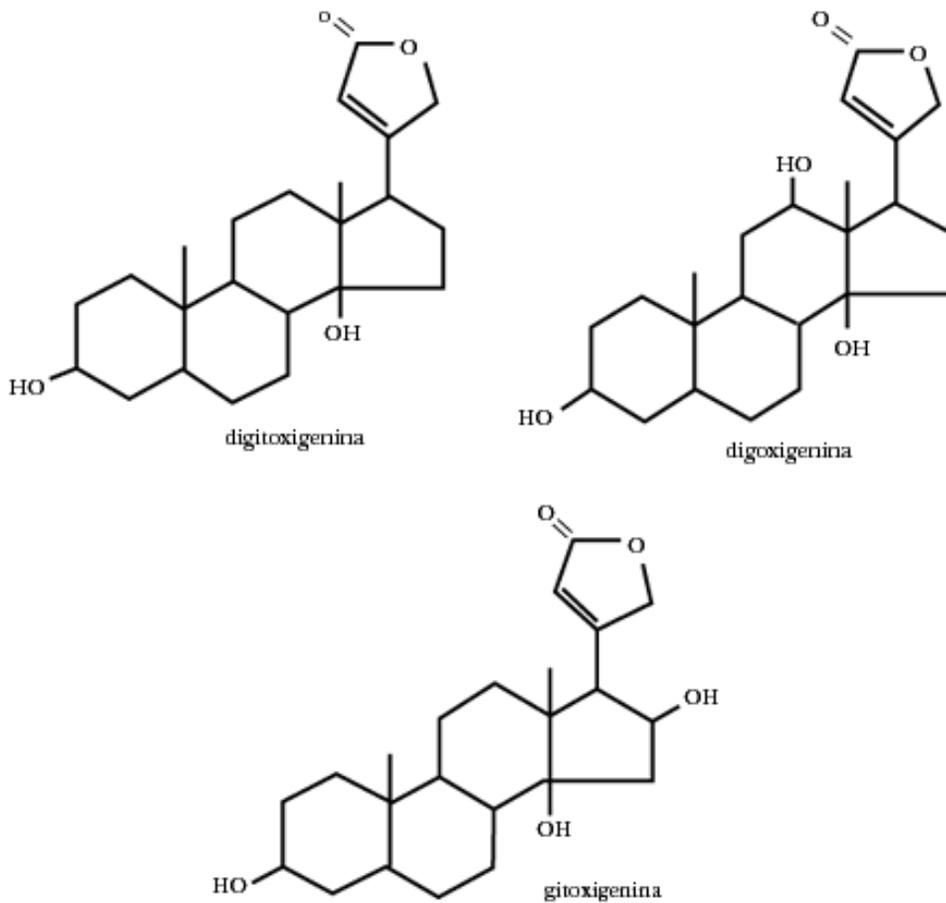


Entre las asclepidáceas que han interesado a los investigadores se encuentra la *Calotropis procera* que crece en Asia y en África. Es una planta venenosa que ha sido utilizada para la medicina popular y como veneno de flechas, es decir, los nativos usan el látex venenoso de la planta para impregnar los dardos. Así, en la práctica de la cacería, los animales, aunque sean heridos muy levemente, mueren. La carne no representa ningún problema, ya que la sustancia se descompone durante el cocinado, y si algo llega al estómago, el ácido clorhídrico del jugo gástrico se encargará de hidrolizarlo quitándole su toxicidad.

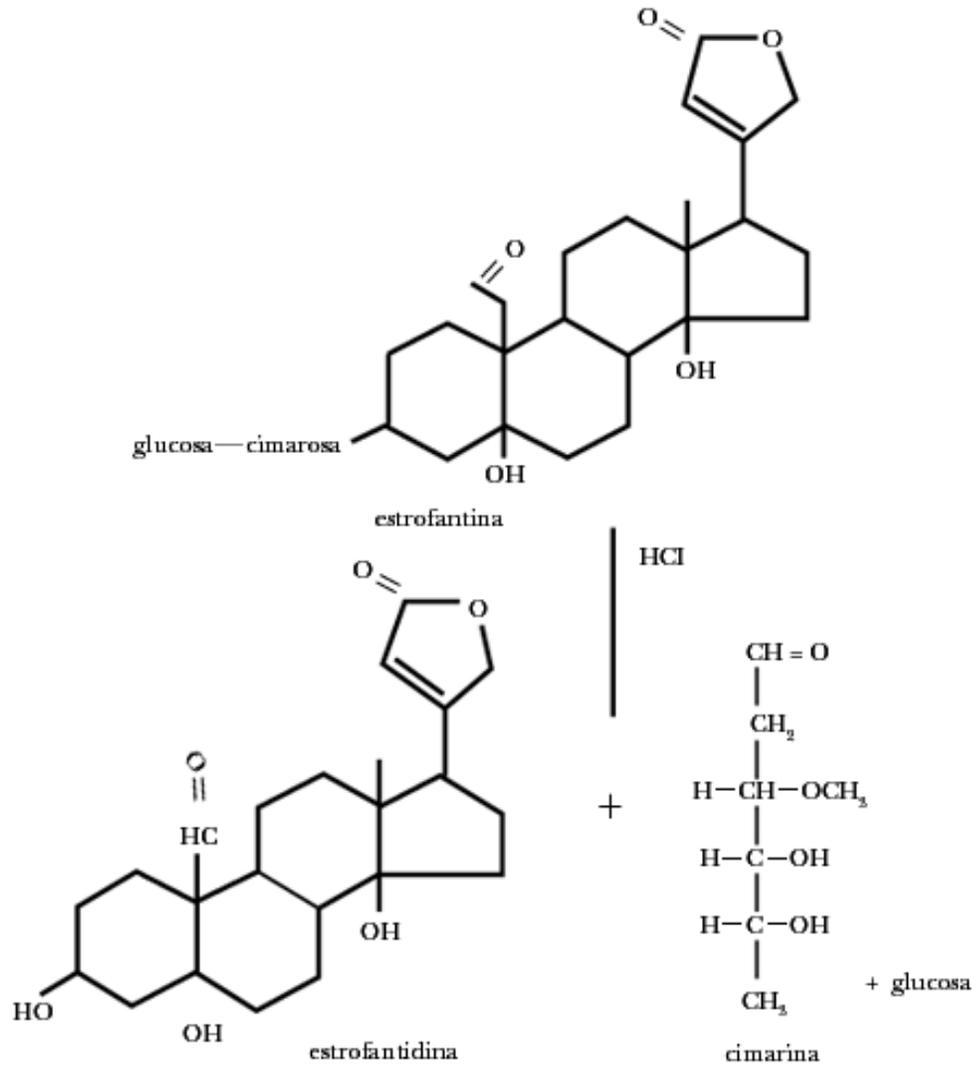
Las sustancias que contiene esta planta son una serie de lactonas, entre las que se han podido caracterizar las llamadas calactina, calotropina y las sustancias que contienen nitrógeno y azufre en su molécula, como la voluscharina y la uscharina.



La hidrólisis de los glicósidos cardiotónicos de la dedalera (*Digitalis purpurea*) elimina la parte hidrofílica constituida por azúcares y deja en libertad la parte lipofílica que en este caso son los esteroides digitoxigenin, digoxigenina y gitoxigenina, que además de que ya no tienen propiedades detergentes, han perdido su actividad biológica



Los glicósidos cardiacos son saponinas producidas también por otras plantas venenosas, entre ellas las del género *Strophantus*. Por ejemplo, tenemos la strofantina, que contiene glucosa, la cual, unida directamente al esteroide, contiene una azúcar muy rara llamada cimarosa. La estrofantidina es un veneno muy activo, capaz de matar en dosis tan bajas como 0.07 mg a un ratón de 20 gramos.



REFERENCIAS

1. Th. F. Stadros, *Surfactants*, Academic Press, Harcourt Brace Javanovich, editores, Londres, Orlando, San Diego, San Francisco, Nueva York, Toronto, Montreal, Sidney, Tokio, Sao Paulo, 1984.
2. J. Davidsohn, E. J. Better y A. Davidson, vol. I, Interscience publishers, Inc. New York Interscience publishers, Ltd., Londres, 1953.
3. P. L Layman, "Brisk detergents activity Changes picture for chemical suppliers", en *Chem. and Eng. News*, enero 23, 1984, p. 17.
4. C. N. Roeske, J. N. Seiber, L. P. Brower y C. M. Moffitt, "Milkweed cardenolides and their comparative

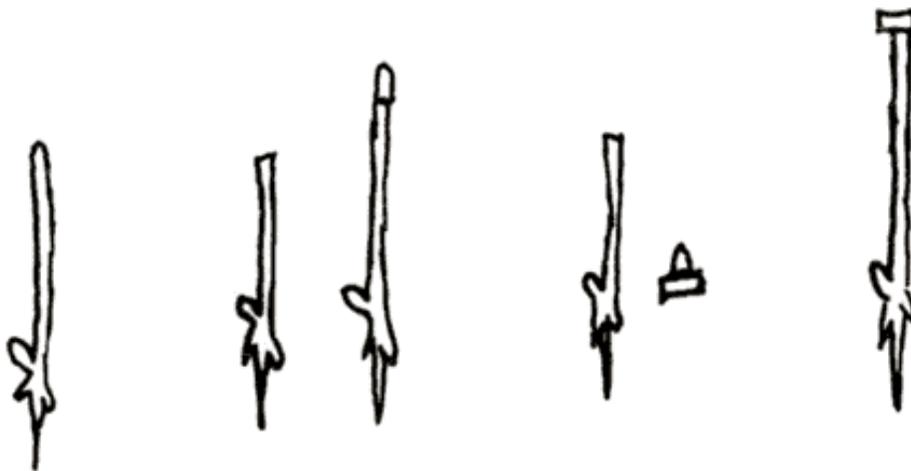
processing by Monarch butterflies (*Danaus plexippus*)", en *Recent advances in Phytochemistry*, 10, 93 (1975).



VIII. HORMONAS VEGETALES Y ANIMALES, FEROMONAS, SÍNTESIS DE HORMONAS A PARTIR DE SUSTANCIAS VEGETALES

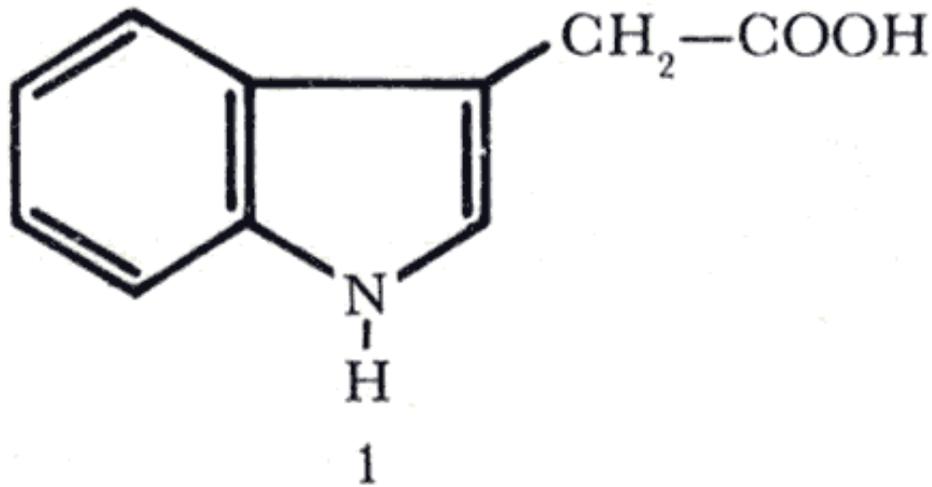
LAS PLANTAS no sólo necesitan para crecer agua y nutrientes del suelo, luz solar y bióxido de carbono atmosférico. Ellas, como otros seres vivos, necesitan hormonas para lograr un crecimiento armónico, esto es, pequeñas cantidades de sustancias que se desplazan a través de sus fluidos regulando su crecimiento, adecuándolos a las circunstancias. Cuando la planta germina, comienzan a actuar algunas sustancias hormonales que regulan su crecimiento desde esa temprana fase: las fitohormonas, llamadas giberelinas, son las que gobiernan varios aspectos de la germinación; cuando la planta surge a la superficie, se forman las hormonas llamadas auxinas, las que aceleran su crecimiento vertical, y, más tarde, comienzan a aparecer las citocininas, encargadas de la multiplicación de las células y que a su vez ayudan a la ramificación de la planta.

La existencia de auxinas fue demostrada por F. W. Went en 1928 mediante un sencillo e ingenioso experimento, que consiste a grandes rasgos en lo siguiente: a varias plántulas de avena recién brotadas del suelo se les cortaba la punta, que contiene una vainita llamada coleóptilo; después del corte, la planta interrumpía su crecimiento. Si a alguna planta decapitada se le volvía a colocar la puntita, se notaba que reanudaba su crecimiento, indicando que en la punta de las plántulas de avena existía una sustancia que la hacía crecer.



Esta demostración estimuló a varios investigadores en la búsqueda de la sustancia que hacía crecer a las plántulas de avena y probablemente a otras plantas.

Una sustancia estimulante del crecimiento de avena fue aislada de orina en 1934 por Kögl y Haagen-Smit. La sustancia activa fue identificada como ácido indol acético.



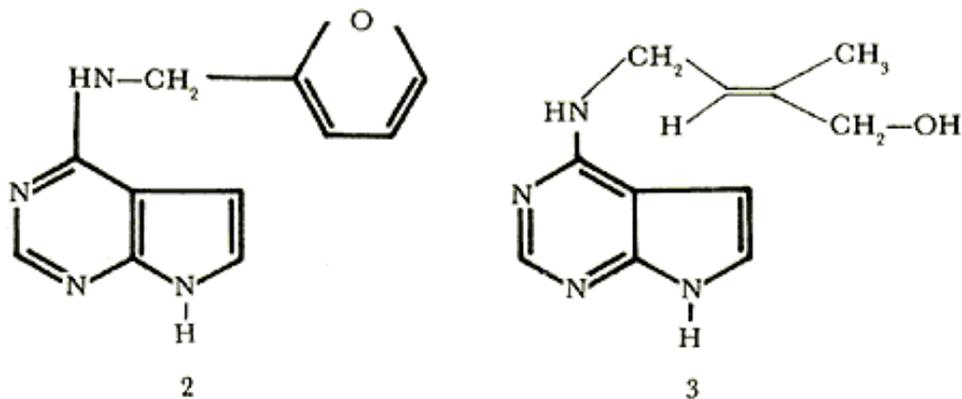
La misma sustancia fue aislada en 1934 por Haagen-Smit, como producto natural a partir de maíz tierno.

La manera en que las auxinas hacen crecer a la planta es por medio del aumento del volumen celular provocado por absorción de agua.

No son las auxinas las únicas fitohormonas que requiere una planta para su crecimiento; requieren también de otro tipo de ellas que favorezca la multiplicación de las células. El primero en demostrar la existencia de estas sustancias, que se conocen como citocininas, fue Carlos O. Miller, quien observó que, al poner cubitos de zanahoria o papa en agua de coco, éstos crecían con proliferación de células.

Al no poder aislar la hormona presente en el agua de coco por ser muy inestable, determinó sus características espectroscópicas. La absorción en la región del ultravioleta fue muy parecida a la del ácido ribonucleico, lo que hizo pensar en la posible actividad hormonal de este ácido. Efectivamente, al ser probado el ácido ribonucleico contenido en un frasco almacenado por largo tiempo en el laboratorio, se observó notable actividad hormonal. Cuando el contenido del viejo frasco se terminó se probaron ácidos ribonucleicos recientemente preparados, aunque con resultados decepcionantes, ya que el ácido ribonucleico nuevo no tenía actividad hormonal.

Los resultados anteriores fueron explicados pensando en que la sustancia responsable de la actividad hormonal no fuese el ARN, sino un producto de su descomposición. Y efectivamente esta hipótesis fue probada al poder separar de ARN viejo una sustancia con actividad multiplicadora de células, a la que se llamó cinetina.

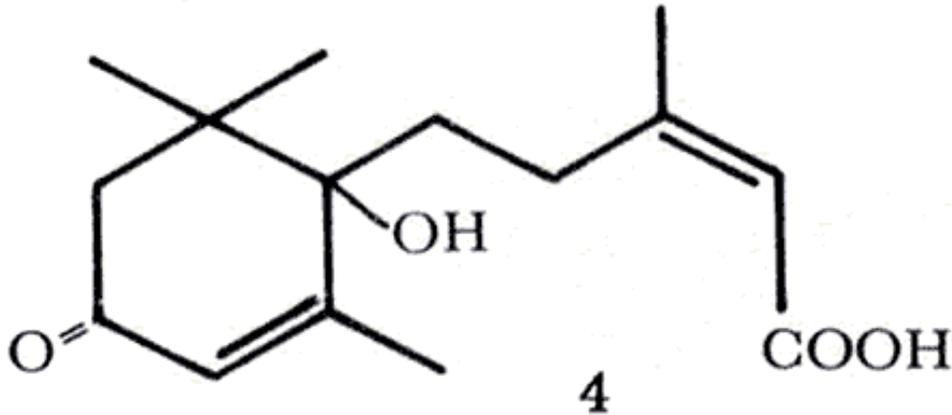


Este descubrimiento sirvió de estímulo para que años más tarde se aislara de maíz tierno la hormona natural llamada zeatina, cuya estructura no difiere mucho de la cinetina obtenida como producto de descomposición de ácido ribonucleico.

Conociendo la existencia de auxinas que hacen crecer a la planta por agrandamiento de sus células y la presencia de citocininas que favorecen la división celular, tendríamos la posibilidad de lograr plantas con crecimiento ilimitado, pero esto no sucede así, la planta contiene también inhibidores, sustancias que actúan cuando las condiciones dejan de ser favorables para el crecimiento ya sea por escasez de agua o por frío.

Todos hemos observado que en invierno las plantas dejan caer sus hojas y que, aunque el invierno no sea muy crudo, debido a la escasez de agua, la planta suelta su follaje.

Las sustancias responsables de la caída de las hojas y frutos se llama ácido abscísico:



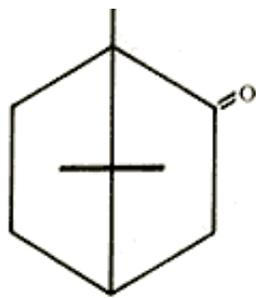
Su descubrimiento fue anunciado en 1956 por tres grupos de científicos que, trabajando independientemente, llegaron a descubrirlo. Estos tres grupos de investigadores —uno, el grupo inglés, encabezado por Rothwell K.; otro, el australiano, por Waring, y el tercero, el estadounidense, encabezado por Addicot— llevaron su descubrimiento al Congreso, llamado "Régulateurs Naturels de la Croissance Végétal", celebrado en París en 1964.

Con el descubrimiento del inhibidor del crecimiento, el ácido abscísico, se tiene un buen panorama de la regulación del crecimiento de las plantas; sin embargo todavía estamos muy lejos de conocer las funciones de muchas de las sustancias químicas que elaboran los vegetales. Muchas de ellas son usadas como defensa contra otras plantas (alelopatía) o como defensa contra insectos y aun contra grandes herbívoros.

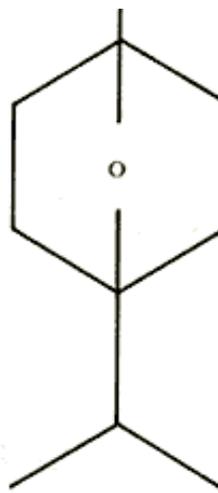
Los árboles y plantas grandes producen sustancias que los hace poco digeribles como son los taninos y las ligninas, mientras que las pequeñas, de vida más corta, se defienden con sustancias tóxicas como los alcaloides.

Esto es sobre todo importante en los trópicos, donde gran parte de las cosechas se pierden consumidas por plagas como insectos u hongos.

También en las zonas áridas es importante, ya que allí se da la guerra química entre plantas, que consiste en la lucha por la poca agua existente: las plantas bien armadas, como las artemisias y las salvias, despiden por el follaje sustancias volátiles, como el alcanfor o el cineol 1,4, que se adhieren a la tierra impidiendo la germinación de plantas que pueden competir por el agua.

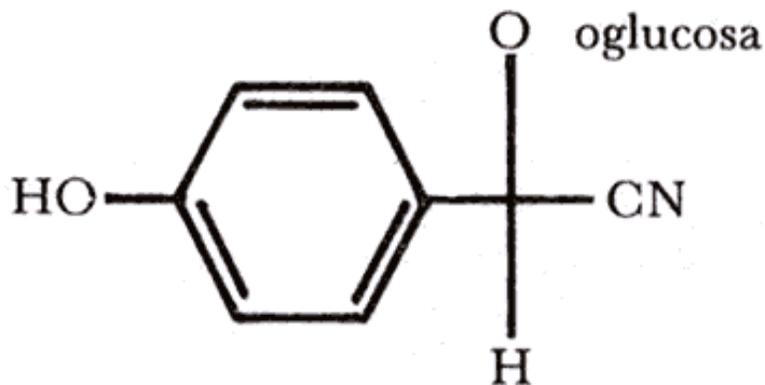


alcanfor



cineol

Algunas otras plantas despiden sustancias tóxicas, ya sea por su follaje, cuando están vivas, o como producto de degradación, al descomponerse en el suelo. Estas sustancias que impregnan el suelo evitan la germinación y, en caso de que nazcan otras plantas, retardan su crecimiento, evitando así la competencia por el agua. Éste es el caso del sorgo, cuyo follaje al descomponerse produce el glicósido ciano-genético-durrina, que inhibe la germinación de muchas plantas:

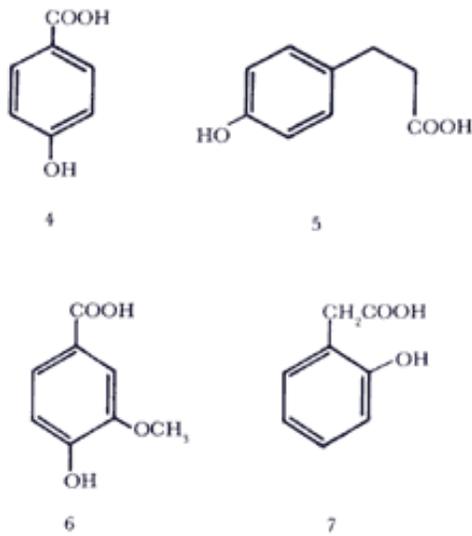


durrina

Cuando la paja se ha revuelto en la tierra antes de la siembra, el follaje del arroz se descompone produciendo varios ácidos aromáticos que retardan el crecimiento de las plántulas de arroz en la nueva estación de crecimiento, reduciendo así en forma notable la segunda cosecha.

Más aún, los extractos del suelo donde crece este arroz de pobre rendimiento, así como los extractos de paja en descomposición, inhibieron la formación de raíces en cortes de frijol.

Las sustancias inhibidoras aisladas de los extractos fueron los ácidos p-hidroxi benzoico, p-coumárico, vainílico y o-hidroxifenil acético, cuyas fórmulas se muestran en seguida:

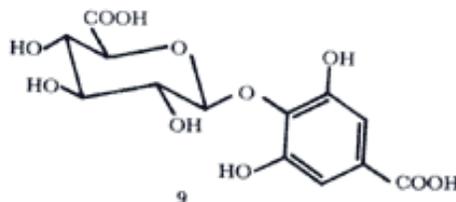
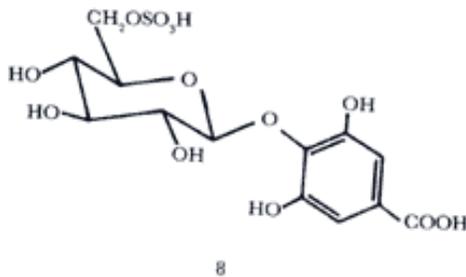


Efectos alelopáticos se han encontrado en artemisias y otras plantas aromáticas, incluyendo árboles como el pirul (*Schinus molle*).

EL MOVIMIENTO DE LAS PLANTAS

Es perfectamente conocido por todos el que las flores del girasol ven hacia el Oriente por la mañana y que voltean hacia el Poniente por la tarde, siguiendo los últimos rayos del Sol. Es también interesante observar cómo los colorines y otras leguminosas, cuando se ha ocultado el Sol, doblan sus hojas como si durmieran y cómo se enderezan a la mañana siguiente para recibir la luz del Sol. Más impresionante todavía quizá es el caso de la vergonzosa (*Mimosa pudica*). Esta bella, aunque pequeña planta, que tiene hojas pinadas, al más pequeño roce contrae sus hojas, aparentando tenerlas marchitas.

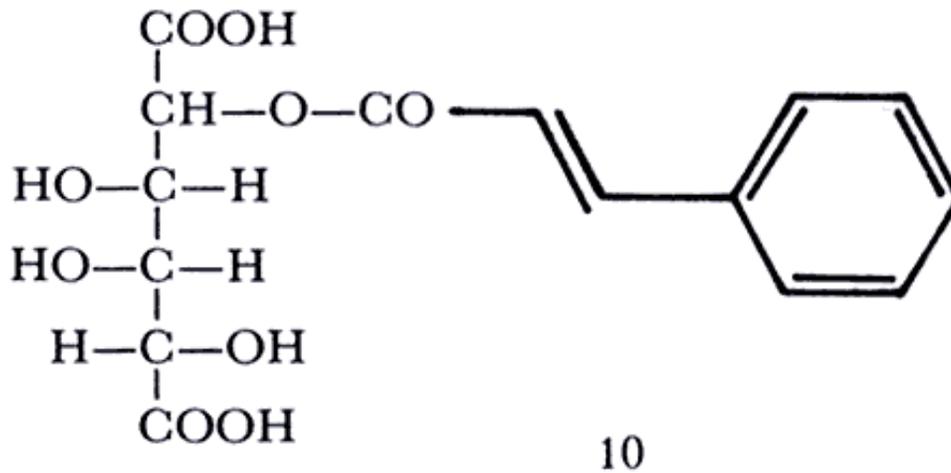
Todos estos movimientos de las plantas son provocados por sustancias químicas.



Las células del girasol se contraen en el sitio en donde incide la luz solar formándose inhibidores de crecimiento en ese punto. El resultado es el de doblar el tallo formando una curva que apunta hacia el Sol.

Los movimientos en la *Mimosa pudica* y en las hojas que duermen han sido estudiados por H. Schildknecht, quien encontró que se deben a sustancias químicas de naturaleza ácida, algunas de las cuales fueron aisladas de *Mimosa pudica*, como la llamada PMLF-1 y la M-LMF-5.

El movimiento observado en las hojas del frijol soya (*Glicina maxima*) es muy interesante y ya ha sido estudiado. Al llegar la noche sus hojas se doblan y toman la posición de dormidas, apropiada para su protección contra el frío nocturno. En la mañana, cuando llega la luz del día, se enderezan de nuevo. El movimiento nocturno se debe a la sustancia fotoinestable PPLMF-1.



Posiblemente esta sustancia inestable a la luz solar se forme sólo de noche y provoque el doblado de las hojas, y que por la acción de la luz del día, la sustancia forme un equilibrio *cis trans* que no es suficientemente activo, dejando por lo tanto que la hoja, ya sin peligro de helarse, tome su posición normal, apropiada para efectuar su fotosíntesis.

MENSAJEROS QUÍMICOS EN INSECTOS Y PLANTAS

Existen tres clases principales de mensajeros químicos: alomonas, kairomonas y feromonas

Las *alomonas* son sustancias que los insectos toman de las plantas y que posteriormente usan como arma defensiva; las *kairomonas* son sustancias químicas que al ser emitidas por un insecto atraen a ciertos parásitos que lo atacarán, y las *feromonas* son sustancias químicas por medio de las cuales se envían mensajes como atracción sexual, alarma, etcétera.

Un ejemplo de alomona es la sustancia que la larva de la mosca de los pinos (*Neodiprion sertifer*) toma de los pinos en donde vive. Cuando ésta es atacada, se endereza y escupe una sustancia que contiene repelentes. Si el atacante persiste en su intento, recibe suficiente sustancia que, por su naturaleza viscosa, lo inmoviliza.

Las sustancias que la larva lanza son una mezcla de α y β pinenos con ácidos resínicos, es decir brea disuelta en aguarrás. Es interesante notar que los terpenos α y β pineno, así como los ácidos diterpénicos de la brea, son usados por la planta como defensa contra insectos. En este caso, el insecto se ha adaptado a vivir en presencia de estas armas del árbol, las toma, las hace suyas y las usa contra sus enemigos.

Es interesante el caso del chapulín (*Romalia microptera*) que se defiende lanzando una sustancia que contiene 2,5-diclorofenol probablemente tomado de los herbicidas que contienen las plantas que comió, los que con muchas posibilidades modificó al detoxificar el ácido 2,4,5-diclorofenoxy o ácido 2,4-D.

Las kairomonas son sustancias que denuncian a los insectos herbívoros ante sus parásitos, a los que atraen. Sobre ellos depositan sus huevecillos para que, cuando nazcan, las larvas se alimenten de ellos.

Las kairomonas probablemente sean producidas por la planta de la que se alimenta el insecto herbívoro, el cual, al comerlas, las concentra en su cuerpo atrayendo a su parásito. De esta manera la planta se defiende de forma indirecta, ya que el insecto que la devora concentra la sustancia que lo delatará.

La estructura de muchas kairomonas es muy sencilla; por ejemplo, la del gusano cogollero (*Helianthis zea*) es el hidrocarburo tricosano, sustancia que atrae al parásito *Trichograma evanescens*. En el gusano que ataca al tubérculo de la papa existe ácido heptanoico.

Los insectos usan varios medios para comunicarse, pero cualquiera que sea la modalidad, el insecto anuncia su presencia no sólo a congéneres, sino a otros insectos que tienen el aparato apropiado para detectarlo. Por ejemplo, las feromonas, cuando son liberadas para atraer al sexo contrario, proclaman territorio y alarman a los de su misma clase. Por tanto, son importantes medios de comunicación entre los de su especie; sin embargo, también son advertidos por otros insectos, por lo que tales sustancias sirven al parásito para localizar a su víctima.

FEROMONAS DE MAMÍFEROS

El que los animales respondan a señales químicas se sabe desde la Antigüedad: los perros entrenados siguen a su presa por el olor.

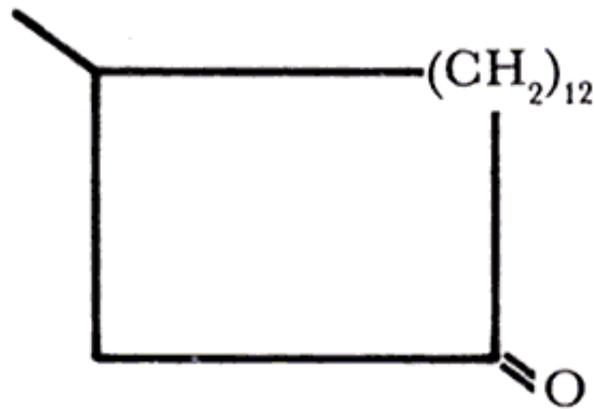
Las sustancias químicas son a veces características de un individuo que las usa para demarcar su territorio. Más aún, ciertas sustancias le sirven para atraer miembros del sexo opuesto.

El marcar su territorio le ahorra muchas veces el tener que pelear, ya que el territorio marcado será respetado por otros congéneres y habrá pelea sólo cuando el territorio marcado sea invadido.

Las manadas de leones o los grupos de lobos tienen su territorio de grupo. Estos territorios son marcados con frecuencia con orina, con heces, o con diferentes glándulas, tal como lo hace el gigantesco roedor sudamericano, el capibara, con la glándula nasal.

Estas secreciones están compuestas por una gran variedad de sustancias químicas, las cuales sirven para identificar la especie, el sexo y aun a un individuo particular.

Se piensa que la secreción de las glándulas especiales debe estar compuesta por feromonas, pero sólo unas pocas han podido ser probadas como tales. De la misma forma, es probable que la orina, las heces y la saliva también contengan feromonas, pero ha resultado difícil comprobarlo.



muscona

La muscona secretada en la glándula abdominal del venado almizclero macho es una feromona que caracteriza la especie y su sexo, aunque también se excreta la miscapiridina y los esteroides.

La muscona es la base para muchos perfumes, siendo por lo tanto una sustancia muy valiosa.

El interés en el sexo opuesto es despertado por el olor de ciertos compuestos. Después el animal investiga el estado sexual en que se encuentra, mediante el análisis de la orina en donde se secretarán hormonas sexuales y sus productos de descomposición.

Lo más difícil de entender es cómo distinguen a un individuo entre miles de la misma especie. Al estar marcado un territorio, cada individuo debe saber si es el suyo o es ajeno a partir de señales químicas (olor).

Es bien conocido y divulgado el hecho de que los perros pueden distinguir el olor característico de su amo entre miles de personas con sólo oler una de sus prendas de vestir.

Y así como el perro distingue a una persona entre miles, puede distinguir a otro perro y lo mismo hacen otros mamíferos.

La secreción vaginal en el mono rhesus, así como en la mujer, contiene ácidos grasos, como el ácido acético y el isovaleriánico, que varían cíclicamente con la menstruación. Esta secreción entre los monos tiene la función de atrayente sexual; los machos son atraídos por la hembra en la época en que ésta es fértil.

Probablemente en la especie humana primitiva ocurrió algo similar.

HORMONAS SEXUALES

El ser humano, al igual que otros seres vivos, produce hormonas que ayudan a regular sus funciones. Entre las diversas hormonas que aquél produce se encuentran las hormonas sexuales. Éstas son sustancias químicas pertenecientes al grupo de los esteroides, pertenecientes al mismo grupo que el de los ácidos biliares y el colesterol.

Las hormonas sexuales son producidas y secretadas por los órganos sexuales, bajo el estímulo de sustancias proteicas que llegan, por medio de la corriente sanguínea, desde el lóbulo anterior de la pituitaria en donde

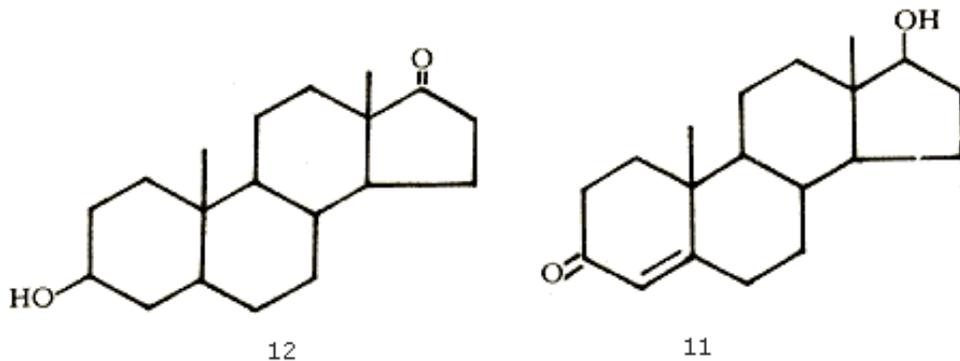
estas últimas se producen.

HORMONAS MASCULINAS (ANDRÓGENOS)

Las hormonas masculinas son las responsables del comportamiento y las características masculinas del hombre y otros similares.

Los caracteres sexuales secundarios que en el hombre son, entre otros, el crecimiento de barba y bigote, en el gallo son muy notables y han servido para evaluar sustancias con actividad de hormona masculina.

Cuando un gallo es castrado, su cresta y espolones disminuyen en tamaño hasta casi desaparecer. Si a este gallo se le administra una hormona masculina como testosterona o androsterona, la cresta y espolones vuelven a crecer.

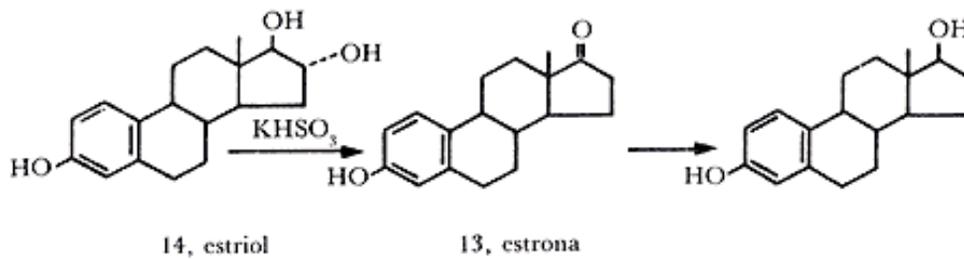


En un método de valoración se inyecta a varios gallos preparados, cantidades cuidadosamente pesadas de sustancias con actividad de hormona masculina (androgénica) y se mide el crecimiento de su cresta. Mientras más activa sea la sustancia, menor cantidad se necesitará para lograr un determinado crecimiento.

HORMONAS FEMENINAS (ESTRÓGENOS)

Las hormonas femeninas son sustancias esteroidales producidas en el ovario. Estas sustancias dan a la mujer sus características formas redondeadas y su falta de vello en el rostro.

La hormona responsable de estas características en la mujer se llama estradiol y tiene la estructura mostrada en seguida:



Por muchos años se creyó que la hormona femenina era la estrona, una sustancia encontrada en la orina femenina. Sin embargo, esta sustancia, que ciertamente tiene actividad hormonal, es en realidad un producto de descomposición de la verdadera hormona femenina, que es el estradiol.

El estradiol se obtuvo por primera vez mediante reducción de la estrona aislada de la orina y mostró ser una hormona nueve veces más potente que la estrona.

Su aislamiento se logró en 1935 por Doisy y su grupo. De 1.5 kg de ovarios de puerca se aislaron tan sólo 12 mg de estradiol en forma de su di- α -naftoato.

Evidentemente la obtención de estradiol era inadecuada y por muchos años se siguió aislando la estrona de orina tanto de yegua como de mujer.

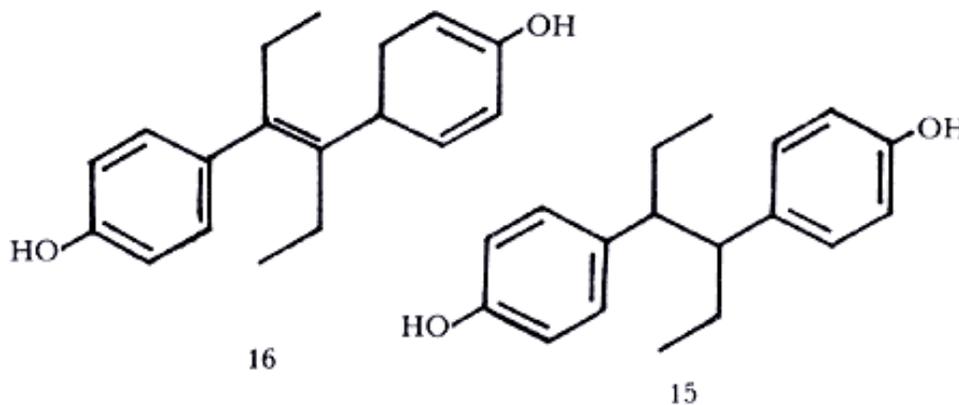
La estrona era por lo tanto aplicada directamente, pero parte de ella era transformada, por medio de una reducción, en la auténtica y muy potente hormona femenina, el estradiol.

Junto con la estrona se aislaba de la orina otro producto, el triol, llamado estriol (véanse fórmulas anteriores). Esta sustancia, aunque menos potente que la estrona cuando es inyectada, es activa por vía oral debido a que posee un grupo OH de más, lo que la hace más soluble en agua (HOH).

El estradiol, que como acabamos de mencionar se empezó a producir por reducción de la estrona, ahora se produce por síntesis total.

ESTRÓGENOS SINTÉTICOS (NO NATURALES)

Existen dos sustancias sintéticas que, aunque no poseen estructura de esteroide, tienen fuerte actividad hormonal (estrogénica). Estas son las drogas llamadas estilbestrol y hexestrol.

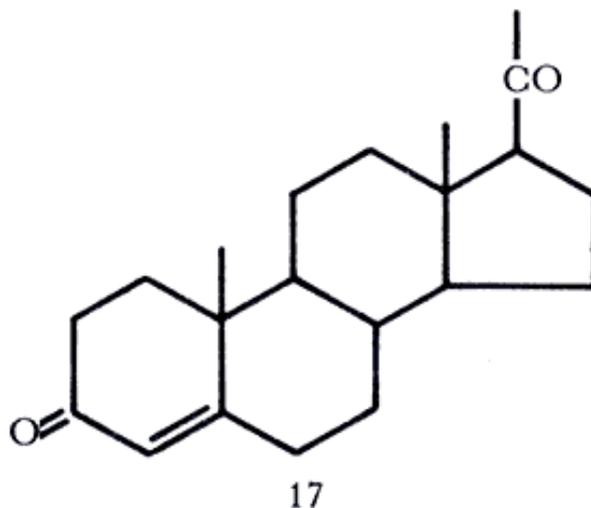


Estas sustancias, aunque poseen una potente actividad de hormona femenina, no son aplicables a personas dada su alta toxicidad. Sin embargo, encuentran su campo de aplicación en la rama veterinaria.

LA PROGESTERONA (ANTICONCEPTIVOS)

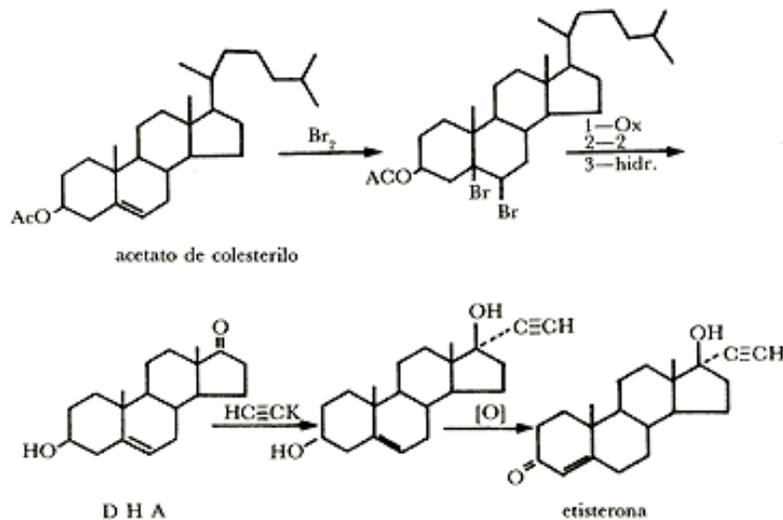
Desde principios del siglo (1911), L. Loeb demostró que el cuerpo amarillo del ovario inhibía la ovulación. L. Haberland, en 1921, al trasplantar ovarios de animales preñados a otros animales observó en estos últimos una esterilidad temporal. Los hechos anteriores indicaban que en el ovario y especialmente en el llamado cuerpo amarillo que se desarrolla en el ovario, después de la fecundación, existía una sustancia que produce esterilidad al evitar la ovulación.

La sustancia producida por el cuerpo amarillo y que evita que haya ovulación mientras dura el embarazo fue aislada en 1931 y se llamó progesterona



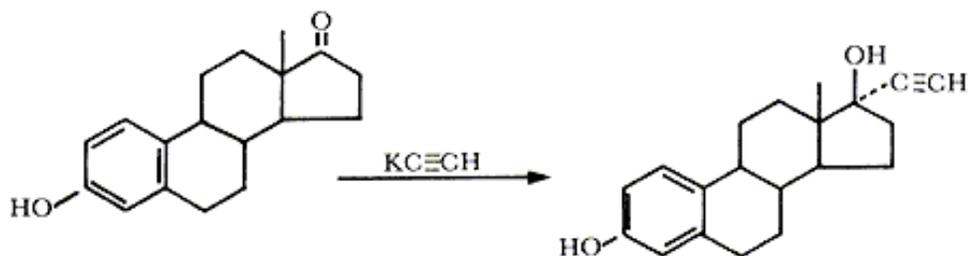
ANTICONCEPTIVOS

La acción de la progesterona aislada en 1934 es muy específica. Ningún otro producto natural la posee y, como era muy escasa, se intentó su síntesis. En 1935 el colesterol pudo ser degradado oxidativamente a dehidro espandrosterona (DHA).

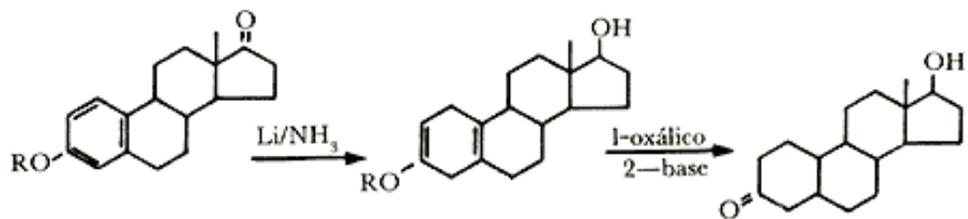


Contando con DHA como materia prima, Imhoffen intentó transformarlo en progesterona por adición de los dos carbonos faltantes mediante aciluro de potasio. El producto obtenido no fue progesterona, pero, sin embargo, la esterona, que fue la que se produjo, tuvo actividad progestacional, y aunque ésta posee tan sólo una tercera parte de la actividad de la progesterona cuando es inyectada, es más activa que ella por vía oral.

Este descubrimiento inició la era de los anticonceptivos artificiales, la era de la píldora anticonceptiva. Imhoffen y Hohlweg aplicaron la reacción de etinilación a la hormona femenina estrona y obtuvieron etinilestradiol, el primero y uno de los más importantes estrógenos sintéticos activos por vía oral.



Por lo general, los productos naturales son más activos en su forma original que cuando sufren una modificación; sin embargo, la 19-nor-progesterona, preparada por Ehrenstein en 1944, mostró ser más activa que la progesterona. Este hecho inspiró a A. Birch y Mikherjii para la preparación de 19-nortestosterona, para lo cual redujeron a la estrona en forma de éter metílico con litio disuelto en amoníaco líquido, método introducido por el propio Birch para reducir anillos aromáticos en la misma reacción. Se redujo así la cetona del C-17, enseguida se hidrolizó el éter y finalmente se conjugó la doble ligadura para dar la 19-nortestosterona.



Es de hacer notar que la testosterona, que es la hormona masculina, cambia su actividad a tipo femenino al quitársele un átomo de carbono (CH_3). Si a la sustancia anterior se le adiciona un par de átomos de carbono, se tendrá la 17- α -etil-19-nortestosterona, que posee gran actividad progestacional, es decir es un potente anticonceptivo.

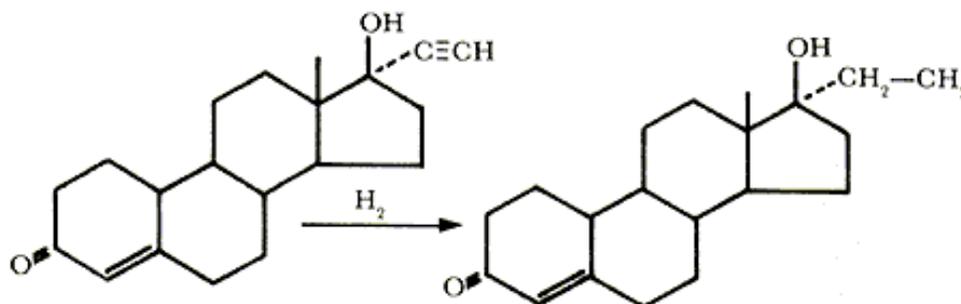
ESTEROIDES CON ACTIVIDAD ANABÓLICA

*Su uso
por los atletas*

La testosterona, la verdadera hormona sexual masculina, tiene además la propiedad de favorecer el desarrollo muscular. Los cuerpos de los adolescentes aumentan de peso al favorecerse la fijación de proteínas por efecto de la testosterona. A esta propiedad se le llama actividad anabólica y es muy importante tanto en el tratamiento de muchas enfermedades como en convalecientes de operaciones que necesitan recuperar fuerza y musculatura. La testosterona es útil, pero tiene el inconveniente de su efecto masculinizante. Se necesitan, pues, otras sustancias que tengan la propiedad anabólica de la testosterona, pero que no tengan el efecto estimulante de la hormona sexual.

La primera sustancia con estas propiedades fue la 19-nortestosterona, sustancia que tiene un átomo menos que la testosterona. Esta sustancia posee una actividad anabólica aún mayor que la testosterona, y es más débil como hormona masculina. Como esta sustancia, se sintetizaron muchas más.

La 17- α -etil-19-nortestosterona se obtiene por hidrogenación de la sustancia anticonceptiva femenina, la 17- α -etinil-19-nortestosterona. La reacción se termina cuando ésta ha absorbido dos moles de hidrógeno.



Esta sustancia, al ser inyectada, tiene la misma actividad anabólica de la testosterona y tan sólo 1/10 de su actividad masculina. Así pues, esta sustancia retiene su actividad progestacional.

Además de la testosterona y los esteroides sintéticos mencionados existen muchos más con actividad anabólica, lo que ha despertado la tentación de los atletas que requieren gran musculatura y fuerza, como son los levantadores de pesas y los lanzadores de discos, de bala o martillo, de utilizarlas.

Sin embargo, no sólo son ellos los que han caído en la tentación de usarlos, también lo han experimentado otros grupos de atletas como corredores, nadadores y ciclistas. Más aún, las mujeres, cuyos organismos no

producen apreciables cantidades de testosterona, resultan más favorecidas por anabólicos que el hombre y, por tanto, también los utilizan.

En un estudio realizado en Estados Unidos se encontró que cuando menos 90% de los levantadores de pesas y los físicoculturistas admiten haber empleado esteroides anabólicos.

EFFECTOS SECUNDARIOS

Y efectivamente, el uso de esteroides anabólicos ayuda al desarrollo muscular, pero por desgracia existen efectos secundarios que pueden ir desde mal carácter y acné, hasta tumores mortales; aunque de ello no existen datos precisos.

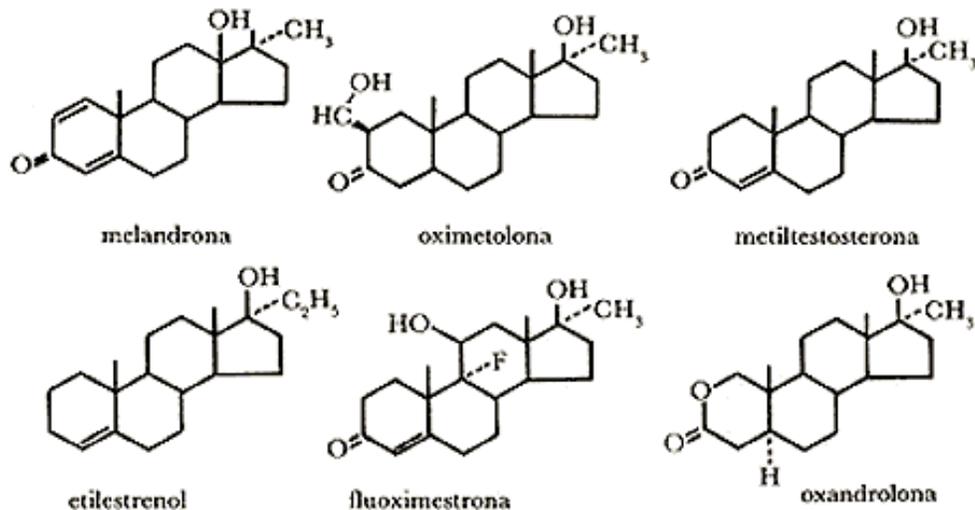
Uno de los principales problemas con los atletas es que toman mucho más de las cantidades que normalmente se prescriben a los pacientes que se necesitan recuperar de una enfermedad. Los daños al hígado están perfectamente documentados en personas que abusan de los esteroides. Algunos atletas han muerto por desarrollar tumores cancerosos en el hígado. Otros efectos laterales están relacionados con el efecto hormonal: algunos sufren de acné, calvicie y alteración del deseo sexual. Peor todavía, algunos atletas del sexo masculino han sufrido agrandamiento del busto.

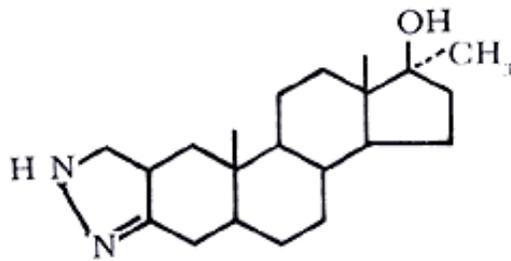
Si los efectos secundarios en el hombre son molestos, en la mujer son más preocupantes: aumento de vello en la cara, caída del pelo, voz más grave, crecimiento del clítoris e irregularidades en el ciclo menstrual, son sólo algunos de los trastornos reportados en mujeres que toman drogas anabólicas. Por fortuna, los efectos son reversibles.

Los efectos maléficos de los anabólicos dependen también de la edad. Si los toman los niños, les impide alcanzar su crecimiento normal, además de apresurarles la pubertad.

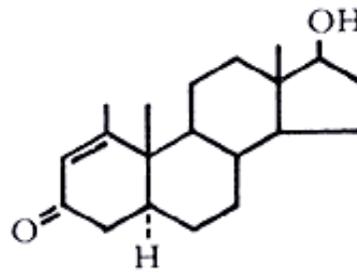
ALGUNOS ESTEROIDES ANABÓLICOS TOMADOS ORALMENTE

En la siguiente figura se presentan algunos de los esteroides anabólicos orales más ampliamente utilizados.





estanozolol



metenolona

HORMONAS HUMANAS A PARTIR DE SUSTANCIAS VEGETALES

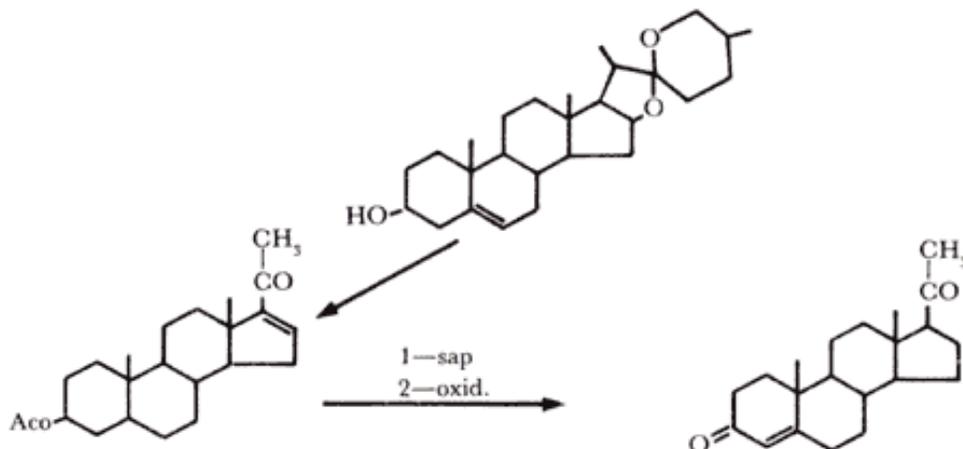
Ciertamente, el metabolismo animal transforma sustancias vegetales en hormonas animales. El hombre, con su gran capacidad intelectual, ha hecho posible la transformación química de sustancias vegetales en hormonas sexuales y otras sustancias útiles para corregir ciertos desarreglos de la salud.

Sustancias químicas con el esqueleto básico de las hormonas sexuales y de otras sustancias indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano existen en los vegetales en forma natural.

Estas sustancias, llamadas saponinas, fueron ampliamente conocidas por los pueblos prehispánicos y usados por ellos como jabón.

Por tener una molécula básicamente semejante son importante materia prima para la elaboración de drogas esteroides de gran utilidad. Lo primero que se hace es eliminar, por medio de una hidrólisis ácida, el azúcar o azúcares que llevan unidos por lo regular en la posición C-3. De esta manera se separan los azúcares de la sapogenina.

Ésta a su vez se puede transformar por el método de Marker en pregnenolona y posteriormente en progesterona u hormona del embarazo. Éste es uno de los más bellos ejemplos que ilustra la importancia de los estudios químicos en plantas, ya que, aunque no produzcan sustancias medicinales, sus metabolitos son susceptibles de ser transformados químicamente en sustancias activas.



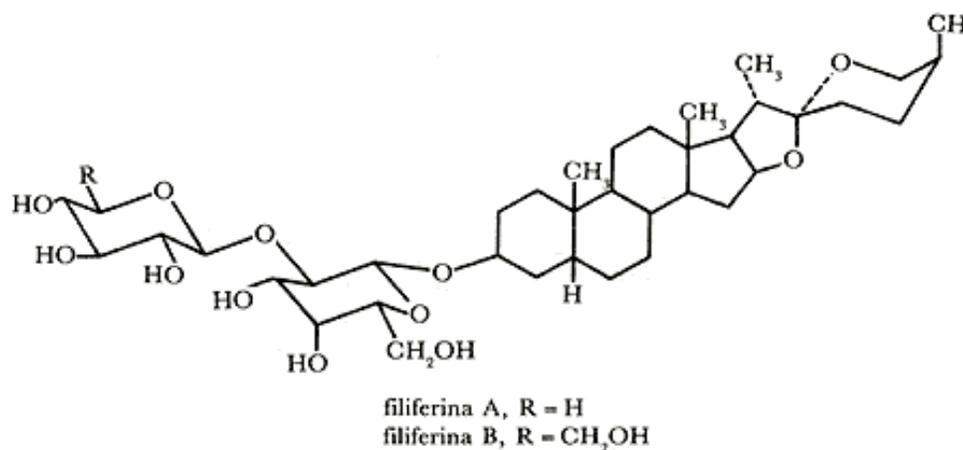
La industria mexicana de esteroides, nacida en la década de los cuarenta, tiene como base el rizoma de barbasco *Dioscorea composita* y otras dioscoreas. Sin embargo, no es la única materia prima mexicana rica en esteroides: la *Yucca filifera*, planta gigantesca que crece abundantemente en grandes extensiones de las regiones áridas del norte de México, desde el estado de Hidalgo hasta los estados fronterizos de Coahuila y Nuevo León, también lo es y en grandes proporciones.

Esta planta produce flores en enormes racimos colgantes, que son consumidos como alimento por el ser humano, y abundantes frutos comestibles, con los que la población local fabrica dulces caseros, después de eliminar las abundantes semillas que, de ser incluidas, proporcionarían un sabor amargo.

QUÍMICA DE LAS SEMILLAS

Cuando las semillas de esta planta son molidas y extraídas con un disolvente como éter de petróleo, se obtiene, después de evaporado el disolvente, un aceite abundante, cuyo análisis elemental mostró una composición característica de los aceites para cocinar, ya que tiene un alto contenido de ácido linoleico.

Una vez eliminado este aceite, queda un residuo que por extracción con alcohol proporciona un alto rendimiento de una mezcla de saponinas esteroides ($\pm 15\%$) a las que se llamó filiferinas. Las filiferinas A y B, contenidas en la semilla, son susceptibles de ser transformadas por procedimientos químicos en una serie de sustancias de gran utilidad en la industria farmacéutica, tales como hormonas sexuales y corticoides.

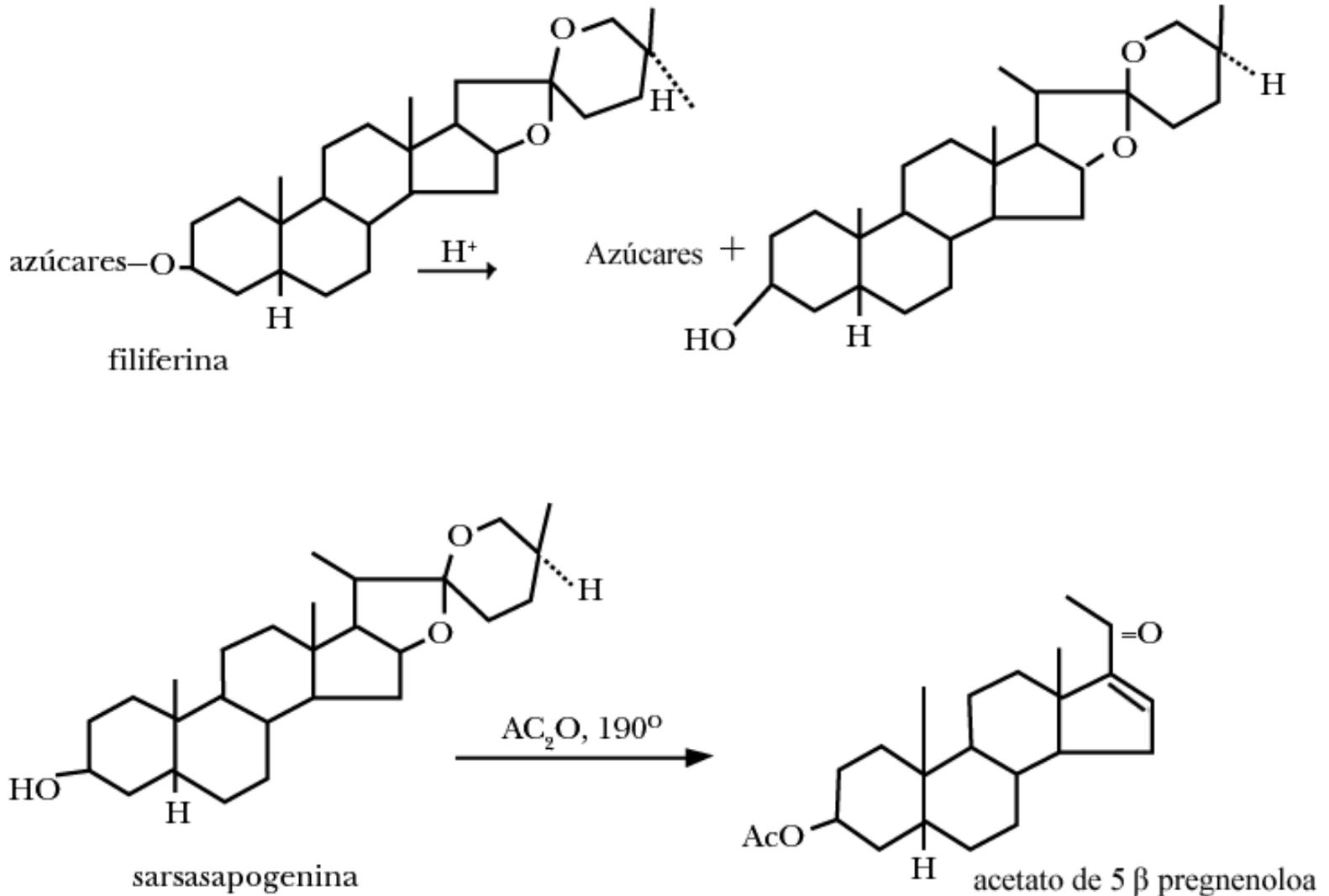


Ahora bien, para obtener esteroides con aplicación en la industria farmacéutica es necesario, en primer lugar, separar el aceite, que constituye un poco más del 20% del peso de la semilla.

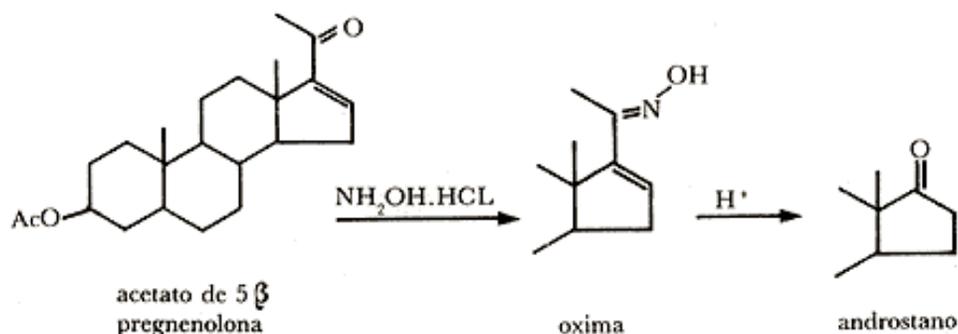
Una vez desengrasada la semilla, puede extraerse la saponina con alcohol y someterse posteriormente a hidrólisis con HCl (ácido clorhídrico).

Otro procedimiento consiste en cubrir la semilla molida y desengrasada con HCl acuoso al 18%, y después de cinco horas de calentamiento, filtrar, lavar con agua hasta neutralidad, secar la semilla y extraerla con hexano, obteniéndose así la sarsasapogenina en un rendimiento de alrededor del 8% con respecto a la semilla.

La sarsasapogenina es enseguida sometida a la degradación descubierta por R. Marker, y modificada en 1959 por Wall y Serota, que consiste esencialmente en un tratamiento a alta temperatura y presión con anhídrido acético.



La sustancia obtenida de esta degradación es materia prima apropiada para ser transformada en esteroides de tipos muy variados. La transformación más sencilla será su conversión en progesterona por contener ya la cadena lateral apropiada. También es fácil la obtención de corticoides como la cortisona o la dihidrocortisona, que tienen el mismo tipo de cadena lateral, y los derivados del androstano, es decir hormonas masculinas. Para esto se prepara la oxima correspondiente, la que mediante una degradación de Hoffman da el esqueleto del androstano.



Las plantas del género *Yucca*, como ya habíamos dicho, son abundantes en el territorio nacional. Estas plantas tienen un alto contenido de sarsasapogenina, especialmente en sus semillas. Como se ha demostrado, la sarsasapogenina es una materia prima versátil, susceptible de ser transformada en una amplia gama de productos con diversas actividades biológicas. Por desgracia, esta gran riqueza de nuestros desiertos está totalmente desaprovechada.

REFERENCIAS

1. Went, F. W., "Auxin, the plant growth-hormone", en *Rev. Trans. Bot. Neerland* 25, 1(1928).
2. Haagen Smith, A. J., Dadliker, W. B., Witner y Murneek, A. E., "Isolation of 3-indolacetic acid from immature corn kernels", en *Am. J. Botany* 33, 118 (1946).
3. Miller, C. O., Skoog, F., Okuma, F. S., Von Saltze, M y Strong, F. M., "Structure and synthesis of kinetin", en *J. Am. Chem. Soc.* 77, 2662 (1955).
4. Letham, D. S., "Regulations of all division in plant tissues II. A cytokinin with other growth regulators", en *Phytochem.* 5, 269 (1966).
- 5a) Addicot, F. T., *et al.*, en *Regulateurs Naturels de la Croissance Vegetal*, p. 687. CNRS, París (1964).
- 5b) Rothwell, K. y Wain, R. L., *ibid.* 376.
- 5c) Waring, P. E., *et al.*, *ibid.*
6. S. W. F. Batra, "Poliester making bees and other innovative insect chemists", en *Chem. Ed.* 62, 121(1985).
7. J. W. Wallace y R. L. Monsell, editores, *Recent advances in Phytochemistry*, vol. 10. *Biochemical interaction between plants and insects*, Plenum Press, Nueva York, Londres (1975).
8. Schuldknecht, H., "Turgorens, new chemical messengers for plant behaviour", en *Endeavour* 8 (3), H3 (1984).
9. L. B. Hendry, J. K. Kostelc, D. M. Hindenlang, J. K. Wichmann, C. J. Fix y S. H. Korseniowski, "Chemical messengers in insects and plants", en *Recent advances in Phytochemistry* 10, capítulo 7, p. 351, editado por J. W. Wallace y R. L. Mansell, Plenum Press, Nueva York, 1976.
10. Brahmachary, "Ecology and chemistry of mammalian pheromones", en *Endeavour* 10, 65 (1986).
11. Petrov, V., "The chemistry of contraceptives", en *Chem. tech.*, septiembre de 1944, p. 563.

12. Pamela S. Zuner, "Drug in sports", en *Chem. and Eng. News*, 30 de abril (1984), p. 69.

Indice |



IX.GUERRAS QUÍMICAS, ACCIDENTES QUÍMICOS

GUERRA QUÍMICA

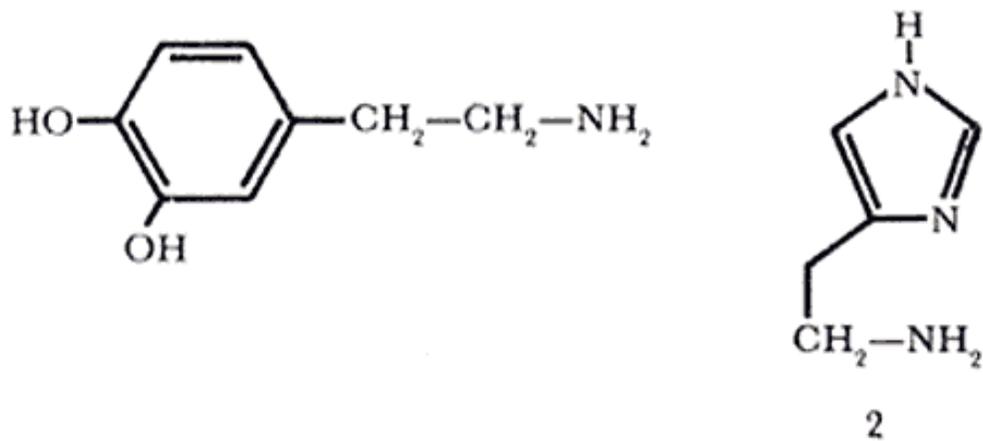
ANTES de que el hombre apareciera sobre la Tierra ya existía la guerra. Los vegetales luchaban entre sí por la luz y por el agua y sus armas eran sustancias químicas que inhiben la germinación y el crecimiento del rival. La lucha contra insectos devoradores ha sido constante durante millones de años. Las plantas mal armadas sucumben y son sustituidas por las que, al evolucionar, han elaborado nuevas y más eficaces sustancias que las defienden. Los insectos también responden, adaptándose hasta tolerar las nuevas sustancias; muchos perecen y algunas especies se extinguen, pero otras llegan a un acuerdo y logran lo que se llama simbiosis, brindándose ayuda mutua, como el caso de la *Yucca* y la *Tegeticula mexicana*. En esta vida en simbiosis, la *Yucca* proporciona alimento y materia prima hormonal a la mariposa nocturna. Ésta, en cambio, se encarga de polinizar las flores de la planta asegurándole así su fructificación y reproducción.

De la misma forma, las abejas toman néctar y polen de las flores, pero a cambio ayudan a la fructificación y por consiguiente a la reproducción de la planta al polinizar sus flores.

La *Acacia cornigera*, que tiene espinas huecas, es hogar de gran cantidad de hormigas del género *Pseudomyrmex*, que no sólo viven en la planta, sino que se alimentan del líquido azucarado que ésta secreta por medio de sus grandes glándulas foliares. A cambio de casa y comida, las hormigas defienden a la planta contra otros depredadores.

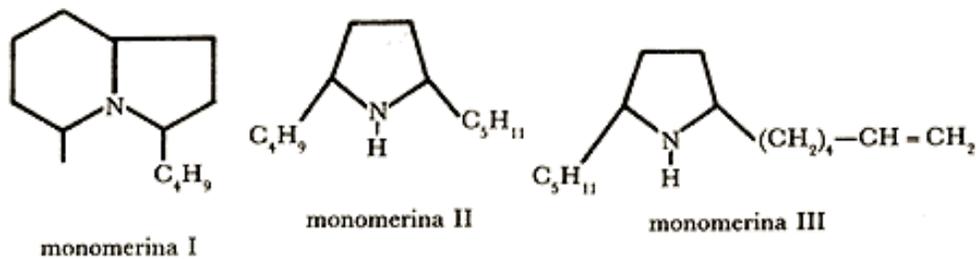
GUERRA ENTRE INSECTOS Y DE INSECTOS CONTRA ANIMALES MAYORES

Muchos insectos poseen aguijones conectados a glándulas productoras de sustancias tóxicas con los que se defienden de los intrusos. Las avispas y las abejas son insectos bien conocidos por inyectar sustancias que causan dolor y alergias. El hombre conoce bien estas cualidades, pues muchas veces por perturbar la tranquilidad del enjambre ha sido inyectado con dopamina o histamina, sustancias entre otras que son responsables del dolor, comezón e hinchazón de la parte atacada.

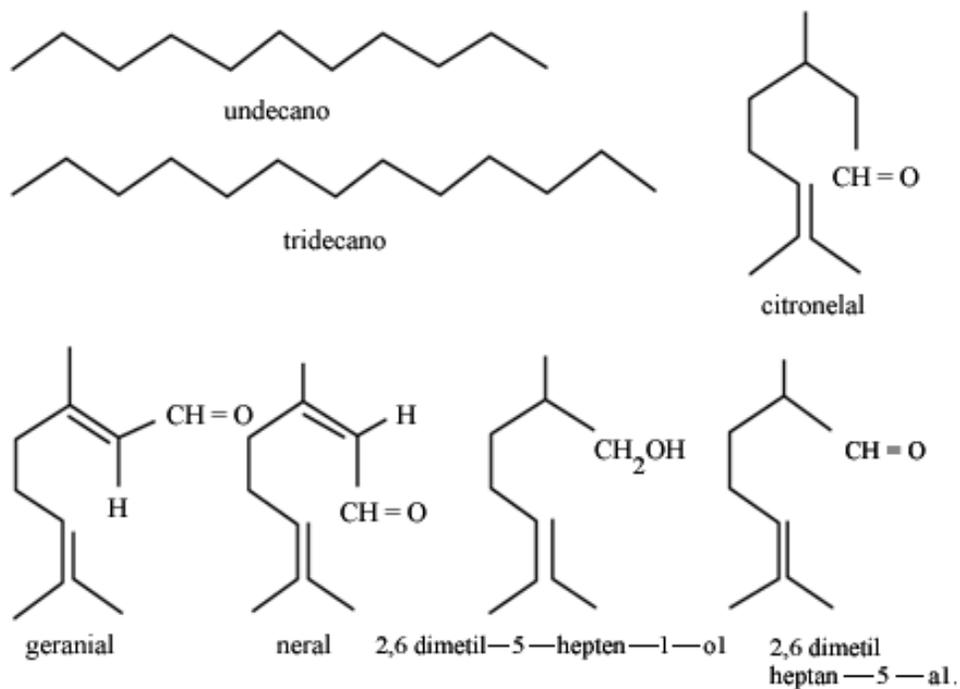


Las hormigas, por su parte, incluyen entre sus armas, además del ácido fórmico u ácido de hormiga, los alcaloides monomerina I, II y III, que, además de sustancias de defensa, le sirven para marcar sus caminos.

Algunos insectos escupen sustancias tóxicas sobre el enemigo, como lo hace el escarabajo bombardero.



Otras armas químicas usadas por las hormigas para su defensa son las que se muestran a continuación:

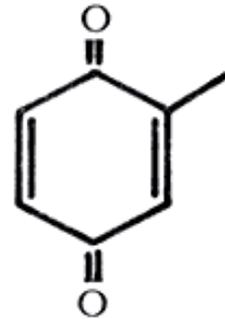


La gente que es alérgica se puede sentir muy mal por un solo piquete de abeja, de manera que, por ejemplo, la abeja africana puede llegar hasta causar la muerte a estas personas sensibles.

Otros insectos producen repelentes para su defensa: algunos gusanos malolientes producen aldehído butírico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$).

Los escarabajos, como las catarinas y las luciérnagas, producen alcaloides tetracíclicos que tienen muy mal olor.

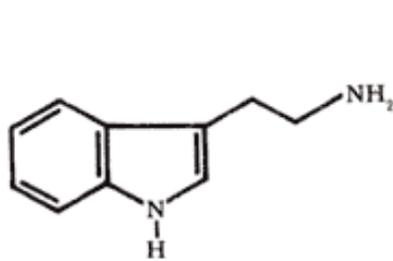
El insecto bombardero del que hablamos anteriormente escupe con violencia una mezcla de quinonas, como benzonona y toluquinona.



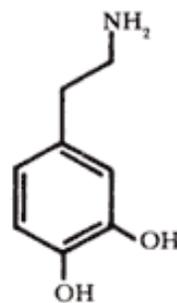
Los mamíferos también poseen armas químicas. Es bien conocido por todos el arma tan poderosa que posee el zorrillo. Cuando este animal es atacado por un depredador, ya sea el hombre u otro animal, utiliza su arma química: lanza con fuerza un líquido irritante con un olor desagradable que persiste por horas y aun por días en los objetos que tocó. Entre los componentes del olor a zorrillo se encuentra el butil mercaptano.

Muchos insectos poseen glándulas en donde se acumula el veneno, teniendo cada uno una manera propia de inyectarlo. Las arañas, por ejemplo, tienen sus glándulas venenosas en el cefalotórax y le inyectan veneno a su presa.

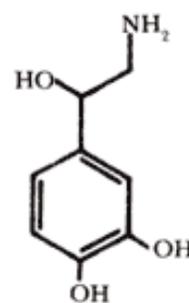
Los escorpiones inyectan una sustancia venenosa que contiene sustancias de bajo peso molecular. Entre ellas ya se han identificado la histamina así como algunos compuestos indólicos.



triptamina



dopamina



noradrenalina



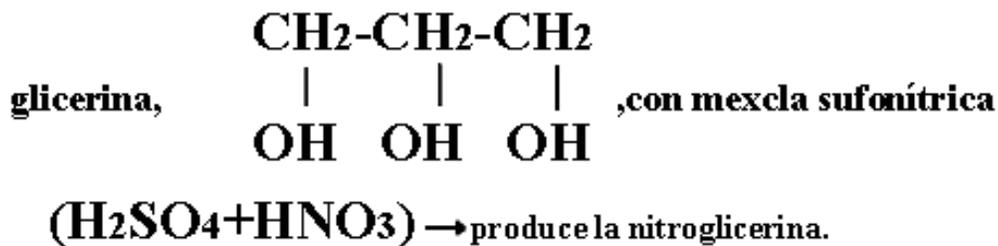
acetilcolina

Posiblemente la primera reacción química que el hombre aprovechó para destruir a su enemigo fue el fuego. La misma reacción de oxidación que logró dominar para tener luz y calor, para cocinar alimentos y fabricar utensilios, en fin, para hacer su vida más placentera, fue usada para dar muerte a sus congéneres al quemar sus habitaciones y cosechas.

Al pasar el tiempo el hombre inventa un explosivo, la mezcla de salitre, azufre y carbón, que es usada en un principio para hacer cohetes que alegraron fiestas y celebraciones. Este descubrimiento, atribuido a los chinos, fue utilizado posteriormente por el hombre para disparar proyectiles y así poder cazar animales para su sustento.

Pero el hombre, siempre agresivo, terminó por emplear el poder explosivo de la pólvora para hacer armas guerreras y así enfrentarse a su enemigo.

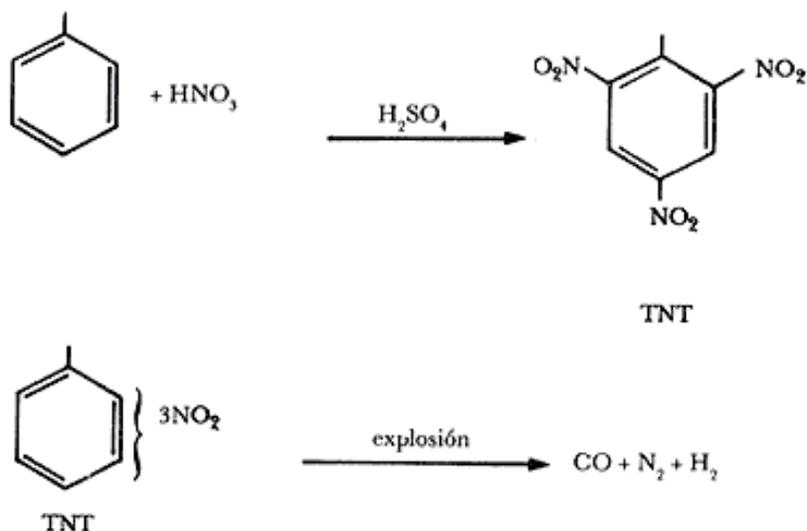
Más tarde se fueron descubriendo explosivos más poderosos. Varios productos nitrados, por su alto contenido de oxígeno, son buenos explosivos. Así, la nitración de la



Esta sustancia es sumamente peligrosa pues explota con mucha facilidad, por lo que debe tenerse mucho cuidado a la hora de su fabricación. Con todo, a pesar de su peligrosidad el hombre la fabrica y la usa para la guerra debido a la gran cantidad de gases que produce al explotar, pues 1 kg de nitroglicerina produce 782 litros de gases, además de una gran cantidad de calor: 1 kg produce 1 616 K cal.

En la segunda Guerra Mundial se usó otra sustancia orgánica nitrada, el trinitrotolueno o TNT , obtenida por tratamiento del tolueno con mezcla sulfonítrica.

El TNT es también un potente explosivo, pero de manejo mucho más seguro que la nitroglicerina. 1 kg de TNT produce 730 litros de gases y 1 080 K cal. Es decir, un volumen de ± 1 litro se expande a 730 litros.



Por su parte, la cantidad de energía liberada es tan grande que la temperatura alcanza los $4,000^\circ\text{C}$.

Pero el hombre no se ha conformado con fabricar armas basadas en en reacciones químicas, sino que ha manipulado el átomo para crear la bomba atómica

LA BOMBA DE HIROSHIMA

La bomba lanzada sobre Hiroshima fue una bola de uranio 235 no mayor de 8 cm de diámetro y de más o menos 5 kg. Pero como la fisión del uranio tiene un poder explosivo aproximadamente 10 millones de veces mayor que el TNT, la bomba debió equivaler a 20,000 tons de TNT .

USO DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN LA GUERRA

Las sustancias de alta toxicidad fueron utilizadas como armas químicas en la primera Guerra Mundial. Los alemanes lanzaron, en abril de 1915, una nube de cloro sobre los soldados franceses quienes, al no estar protegidos, tuvieron que retirarse varios kilómetros. Pocos días después los alemanes repitieron el ataque contra las tropas canadienses con los mismos resultados.

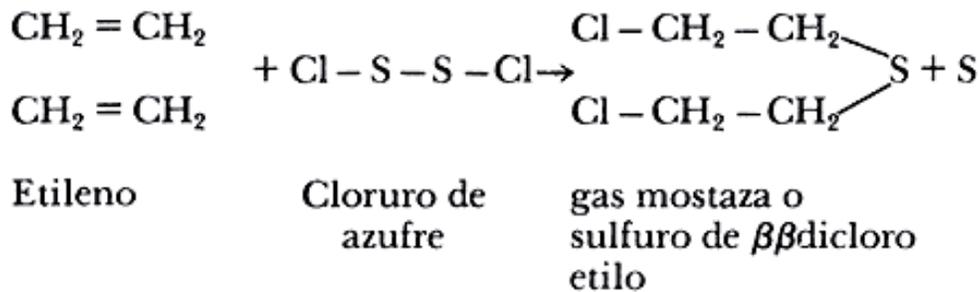
Las fuerzas aliadas pronto fueron protegidas con máscaras que, aunque rudimentarias, evitaron un desastre que parecía inminente.

Un poco más tarde los alemanes continuaron con la guerra química lanzando granadas con gases lacrimógenos. Sin embargo, la más poderosa arma química usada en la primera Guerra Mundial fue el gas mostaza. Empleado por primera vez en julio de 1917 por los alemanes en la batalla de Ypres, Bélgica, causó terribles daños a las tropas francesas.

El gas mostaza se llamó de esta manera por tener un olor parecido al de la mostaza. No es realmente un gas, sino un líquido irritante que hierve a alta temperatura, el cual debido a su baja tensión superficial produce vapores, los que, por su alta toxicidad, basta con que exista una muy baja concentración en el aire

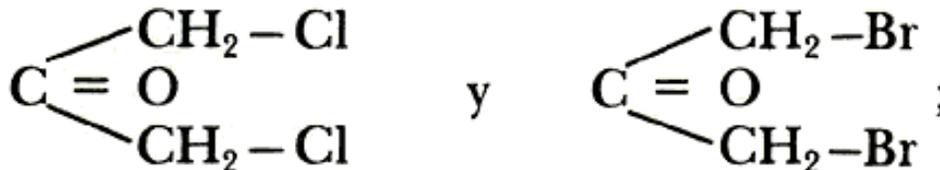
para causar molestias a la gente o incluso causarles la muerte.

El gas mostaza se prepara haciendo reaccionar etileno con cloruro de azufre como se muestra en la siguiente reacción:



Una vez repuestos los ejércitos aliados de la sorpresa que representó la guerra química, se protegieron adecuadamente, y sus científicos comenzaron, a su vez, a idear y preparar sus propias armas químicas.

Las sustancias empleadas por ambos bandos conforma una larga lista, entre la que se cuenta a los gases lacrimógenos, como cloro y bromoacetona

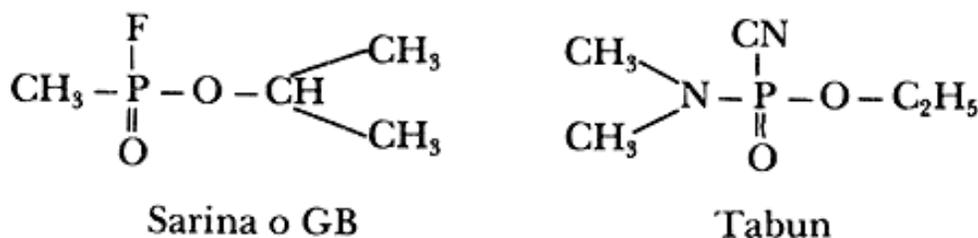


diversas sustancias como cloro, sulfato de dimetilo, etil carbazol, fosgeno, etc., y venenos de la sangre, como el ácido cianhídrico (HCN). Este último es el gas que se usaba en la cámara de gases contra los condenados a muerte.

Para la segunda Guerra Mundial se eliminaron la mayor parte de las sustancias tóxicas utilizadas en la primera Guerra y sólo quedaron unas cuantas como el gas mostaza, el fosgeno, y el ácido cianhídrico para usos especiales.

GASES NEUROTÓXICOS

Los alemanes desarrollaron a finales de la segunda Guerra Mundial los gases neurotóxicos sarina o GB y tabun.

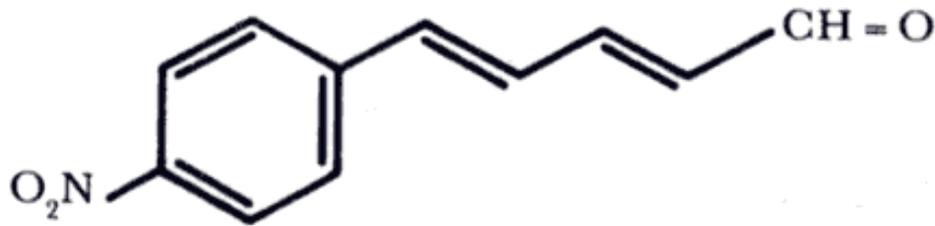


Estos gases son más letales que las armas químicas usadas en la primera Guerra Mundial. Son inodoros, por lo que es muy difícil detectarlos antes de que hayan hecho daño mortal.

La ventaja de las armas químicas es que son baratas y no requieren de una tecnología muy avanzada, de manera que prácticamente cualquier ejército puede ser dotado de ellas, sin contar de que son muy fáciles de arrojar contra el enemigo.

ESPIONAJE QUÍMICO. EL POLVO DE LOS ESPÍAS

El aldehído aromático 5(4-nitrofenilo)-2,4-pentadien -1-al ha sido usado para marcar el camino seguido diariamente



por personas sometidas a investigación. El aldehído, que es un polvo amarillo, se coloca sobre objetos que normalmente se tocan, tales como el volante del automóvil, el pasamanos de la escalera y la cerradura de la puerta. La sustancia, colocada en pequeñas cantidades, se adhiere a la mano y luego puede ser detectada en los objetos que el individuo tocó posteriormente. De esta manera se puede seguir el trayecto de la persona investigada.

Para detectar el aldehído se desarrolló un procedimiento analítico que consiste en pasar un algodón humedecido con alcohol sobre el objeto tocado. Se pone el algodón en un tubo de ensayo que contenga 0.5 ml de metanol además de el mismo volumen de naftoresorcinol al 1% en metanol; al agregar 0.5 ml de ac. clorhídrico concentrado se desarrolla un color que va del rosado al violeta.

El color también se puede desarrollar directamente sobre el algodón con que se limpió el objeto tocado por la persona investigada. Si a este algodón se le añade el naftoresorcinol y una gota de ácido clorhídrico y se tiñe de rosa o de violeta, indicará la presencia del polvo de aldehído.

El método es tan sensible, que se ha podido detectar la presencia de 150 nanogramos de polvo de los espías distribuidos en 100 cm².

Éste no se elimina de las manos por un simple lavado con agua, pero si se lavan cuidadosamente con agua y jabón, la prueba es negativa, indicando su total eliminación.

LOS HERBICIDAS COMO ARMA QUÍMICA. SU USO EN VIETNAM

Las auxinas sintéticas usadas para matar las malezas de los cultivos y así obtener mejores cosechas fueron desarrolladas en Inglaterra desde los años treinta, poco después del descubrimiento del ácido indol acético como regulador natural del crecimiento de las plantas.

Estas sustancias fueron preparadas en una gran variedad dependiendo de la planta que se pretende matar. El ácido 2,4,D fue un herbicida selectivo que mata a plantas de hojas anchas sin dañar a los cereales, por lo que protege en forma eficiente a cultivos de trigo, avena, cebada y otros granos. En cambio, existen herbicidas tan potentes, como el ácido 3,4-diclorofenoxiacético, que mata a todo tipo de plantas, por lo que en vez de proteger los cultivos los aniquila.

Ya en 1947 fue reconocido por algunas autoridades británicas el potencial que pueden tener los herbicidas en la guerra química, ya que podrían ser usados contra algunas naciones con efectos más rápidos que un bloqueo y menos repugnantes que el uso de la bomba atómica.

EL AGENTE NARANJA

El agente naranja es una combinación de dos herbicidas que, en pruebas hechas en selvas tropicales africanas, mostró ser muy eficiente como defoliador de árboles. El agente naranja contiene dos herbicidas, el ácido 2,4,D y el 2,4,5,T. Al ser aplicado a los campos de cultivo, hace que las plantas crezcan demasiado rápido y mueran antes de producir sus frutos.

En la guerra de Vietnam fue utilizado para hacer que los árboles perdieran sus hojas y que de esta manera no se pudiese esconder el enemigo, aunque sin tener en cuenta el daño que se pudiera causar a largo plazo al ambiente y a las personas.

Años después se ha visto el daño, pues grandes extensiones del territorio vietnamita se volvieron áridos, la población ha desarrollado cáncer y se han dado malformaciones en los recién nacidos.

Los excombatientes estadounidenses que estuvieron en contacto con estos herbicidas en Vietnam han pedido una indemnización de 180 millones de dólares por el deterioro de su salud. El uso del 2,4,5,T ha sido prohibido en los Estados Unidos y en algunos otros países.

EFFECTOS DEL AGENTE NARANJA

El agente naranja que se aplicó sobre los bosques de Vietnam venía contaminado con dioxina, una sustancia altamente tóxica que provocó trastornos en la salud de los veteranos de la guerra de Vietnam.

Las compañías químicas que proporcionaron el agente naranja contaminado con dioxina fueron condenadas a pagar 180 millones de dólares a los afectados. Así, unos 15 000 veteranos y los que de ellos dependen, además de alrededor de 40 000 miembros del personal que pudieron demostrar que estuvieron en contacto con el herbicida, fueron indemnizados.

Si más de 50 000 excombatientes de Vietnam pudieron demostrar que fueron dañados por el agente naranja, ¿cuántos vietnamitas habrán sido dañados? Esto no se sabe, pero deben ser indudablemente muchos más de 50 000.

LLUVIA AMARILLA, POSIBLE USO DE MICOTOXINAS COMO ARMAS DE GUERRA

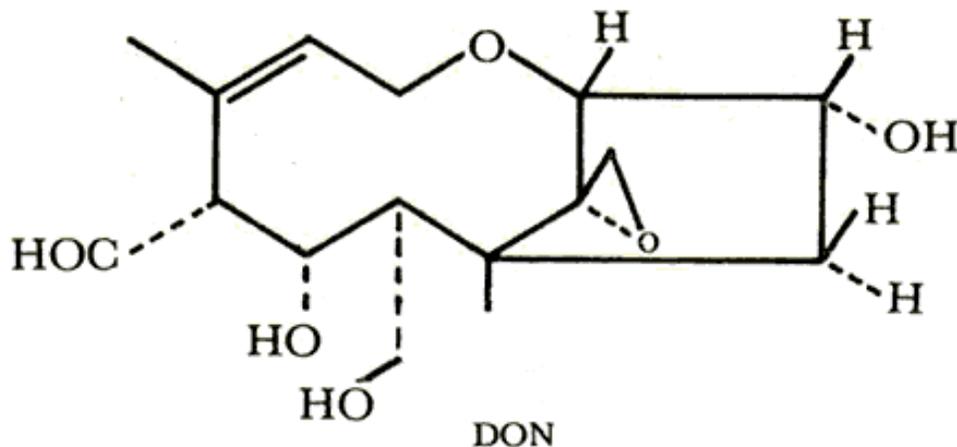
Dadas las historias contadas por los montañeses del sudeste de Asia acerca de la aparición de nubes amarillas que matan rápidamente a quienes toca en forma directa y que enferma con extraños síntomas a la gente más alejada, y las de algunos nativos de Laos y Kampuchea que hablan de lluvia amarilla que provoca muerte y enfermedad, la embajada de los Estados Unidos y después la comunidad científica internacional comenzaron a inquietarse.

Se pensó en la posibilidad de que la lluvia amarilla tuviese que ver con alguno de los productos químicos usados en la guerra, tales como gases neurotóxicos. A pesar de que las víctimas presentaban síntomas como irritación de la piel, vómitos, diarrea, temblores y muertes frecuentes, los primeros análisis no encontraron en las víctimas evidencias de gases lacrimógenos, gas mostaza o gases neurotóxicos.

El mundo entero se alarmó cuando el 13 de septiembre de 1981 el secretario de Estado estadounidense, Alexander Haig, anunció en Alemania que la lluvia ácida era provocada por armas rusas.

Desde ese momento la investigación se ha hecho más activa, aunque sin lograr confirmar la aseveración de A. Haig. Muchos científicos han encontrado pequeñas cantidades de micotoxinas en muestras de alimentos recogidos en el sudeste de Asia.

Las micotoxinas que se cree que se encuentran en la lluvia amarilla son las llamadas tricotecenos y son producidos por un hongo del género *Fusarium*. Una de estas toxinas es la llamada deoxynivalenol (**DON**) o vomitoxina.



La existencia de numerosas especies de *Fusarium* fueron bien documentadas desde 1939 por el micólogo francés F. Bugnicourt, por lo que existe la posibilidad de que algunos de ellos sean los productores de las toxinas presentes en la lluvia amarilla.

Muchos científicos creen que este tipo de lluvia es producida por el hombre y llevaron sus argumentos a la reunión llamada "Primer Congreso Mundial sobre Nuevos Compuestos en Guerra Química y Biológica". Sin embargo, las evidencias presentadas no convencieron a la comunidad científica y menos al bioquímico de la Universidad de Harvard, Matthew Meselson, quien asegura que la lluvia amarilla es un fenómeno natural, que el color amarillo se debe a las heces de una abeja silvestre y que las micotoxinas a los niveles encontrados de partes por millón pueden ser producidas por hongos que viven en forma natural, siendo sus

toxinas las que infectan alimentos y producen los síntomas de la enfermedad.

En un viaje a Tailandia, Meselson y sus colegas fueron sorprendidos por una lluvia amarilla producida por abejas. De inmediato Meselson tomó 40 muestras, las que al ser analizadas revelaron la presencia de *Fusarium*. Ahora sólo resta comprobar si son productoras de toxinas.

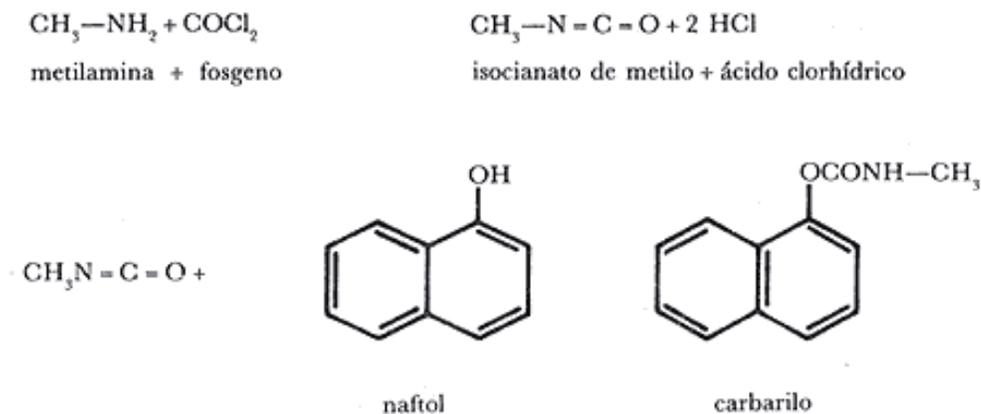
De confirmarse que la lluvia amarilla es un fenómeno natural, no se podrá acusar a nadie de violar los tratados que prohíben el uso de armas químicas y biológicas. Estos son el "Protocolo de Ginebra de 1925", que prohíbe el uso pero no la posesión de armas químicas y bacteriológicas, y la "Convención de armas biológicas de 1972", que prohíbe no sólo el uso sino también la posesión de armas biológicas y de toxinas.

LAS SUSTANCIAS TÓXICAS COMO ACCIDENTES

Recientemente en la planta de insecticidas de Bhopal en el centro de la India se sufrió un accidente con el escape de isocianato de metilo.

Este gas, altamente tóxico, se emplea en la fabricación del insecticida carbaril (1-naftil-metil carbamato), el que a su vez se prepara con metil amina y con el también gas muy tóxico fosgeno.

Las consecuencias de dicho accidente son de imaginarse.



La fábrica había operado normalmente por varios años hasta que la noche del 2 de diciembre de 1984, después de haber ocurrido una inesperada reacción en el tanque que contenía la muy reactiva sustancia química, isocianato de metilo ($\text{CH}_3\text{N=C=O}$), el tanque se calentó, la presión aumentó y a media noche liberó con violencia toneladas de isocianato de metilo, que como una niebla mortal cubrió gran parte de la ciudad de Bhopal. Mucha gente murió sin levantarse de su cama, algunos se levantaron ciegos y tosiendo para caer muertos un poco más adelante. Mucha gente que vivía más lejos de la planta quedó viva pero con severos daños en las vías respiratorias. Murieron más de 2 000 personas, algunas 10 000 quedaron seriamente dañadas y 200 000 o más sufrieron daños menos graves.

REFERENCIAS

1. C. N. Roeske, J. N. Seiber, L. P. Brower y C. M. Moffut, "Milkweed cardenolides and their comparative processing by Monarch butterflies (*Danaus plexippus L.*)", en *Recent Advances in Phytochemistry* 10, 93 (1975). Ed. W. Wallace y R. Mancele, Plenum Press, Nueva York, Londres.
2. Piña Luján, I. y Matuda, E., *Las plantas mexicanas del género Yucca*, México, Libros de México, 1980.
3. Gómez Pompa, A., *Estudios botánicos en la región de Misantla, Ver.*, tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM 1966.
4. S. W. T. Batra, "Poliéster Making bees and other innovative insect chemist", en *J. of Chem. ed.* 62, 121(1985).
5. Rudolf Meyer, *Explosives*, Verlag Chemie, Weinheim, Deerfud begel, Florida, Basilea, 1981.
6. C. W. Jameson, R. F. Moseman, B. J. Collins y N. D. Hooper, "Spy dust, detecting a chemical tracking agent", en *Anal. Chem.* 58 (8), 915 A (1986).
7. L. R. Ember, "Yellow rain controversy remains un resolved", en *Chem. and Eng. News*, junio 25, 1984, p. 25.
8. J. Perea y A. Thomas, "This Horrible War", en *New Scientist*, 18 de abril de 1985, p. 34.
9. L. R. Ember, "Yellow Rain", en *Chem. and Eng. News*, enero 19, 1984, p. 8.
10. Linus Pauling, *No More War*, Dodd, Mead and Company, Nueva York, 1958.



Economía

Sociología

Historia

Filosofía

Antropología

Política y Derecho

Tierra Firme

Psicología, Psiquiatría y Psicoanálisis

Ciencia y Tecnología

Lengua y Estudios Literarios

La Gaceta del FCE

Letras Mexicanas

Breviarios

Colección Popular

Arte Universal

Tezontle

Clásicos de la Historia de México

La Industria Paraestatal en México

Colección Puebla Educación

Administración Pública

Cuadernos de La Gaceta

Río de Luz

La Ciencia para todos

Biblioteca de la Salud

Entre la Guerra y la Paz

Lecturas de El Trimestre Económico

Coediciones

Archivo del Fondo

Monografías Especializadas

Claves

A la Orilla del Viento

Diánoia

Biblioteca Americana

Vida y Pensamiento de México

Biblioteca Joven

Revistas Literarias Mexicanas Modernas

El Trimestre Económico

Nueva Cultura Económica



Astrónomos y físicos postulan que el Universo tuvo su origen en una gran explosión que, a partir de un gas denso, formó las innumerables galaxias dentro de una de las cuales, la Vía Láctea, vive el hombre. Cuando la temperatura del mundo creado por la gran explosión era de alrededor de mil millones de grados, se formaron los elementos más simples, el hidrógeno y el helio; mucho más tarde, en el interior de las estrellas, se desarrollaron otros elementos hasta llegar a un número cercano a cien. Puede verse así que, en cierta forma, la historia de nuestro Universo puede definirse, de una manera muy general, como una reacción —o serie de reacciones— química de magnitud infinita cuyos pasos define el título del libro: **Química, Universo, Tierra y vida.**

Hasta donde se sabe, las reacciones químicas se producen en forma espontánea en el cosmos, donde se forman de manera lenta sustancias sencillas. Mas en nuestro pequeño planeta las reacciones químicas ocurren de manera más rápida y dan lugar a moléculas mucho más complicadas, debido sobre todo a la presencia de oxígeno en el aire y en el agua en todas las formas en que se presenta. Así, el hierro dejado a la intemperie se cubre de herrumbre a causa de una oxidación espontánea; una oxidación más vigorosa y de violencia explosiva es, también a causa de una oxidación súbita, la combustión de la dinamita.

La vida del hombre se mantiene merced a la combustión lenta de los alimentos que se lleva a cabo en el organismo donde se va liberando la energía que de forma directa o indirecta proviene del Sol. Más aún, la vida y la muerte son procesos químicos. La vida comienza con la fecundación que desencadena una serie de cambios químicos que seguirán ocurriendo a lo largo de la vida. El amor, la vida, la ambición, tienen su origen en procesos químicos y la muerte viene cuando deja de producirse el proceso de oxidación llamado respiración.

La química refinada que se desarrolla en el cerebro humano ha convertido al hombre en un ser inteligente y dado lugar al largo proceso que llamamos civilización y que ha desembocado, en nuestro tiempo, en un impresionante avance tecnológico, positivo y negativo pues dice el doctor Romo de Vivar "ha llevado al hombre a sobrestimar su poder de dominio sobre la naturaleza y lo ha colocado al borde de la autodestrucción".

El doctor Alfonso Romo de Vivar es graduado de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas de la UNAM, donde también se doctoró. Ha publicado un libro y un número considerable de ensayos científicos en diversas publicaciones nacionales y extranjeras. Entre otros, se le otorgó el Premio Nacional de Química en 1977 y desde 1984 es investigador nacional.

Indice |

