

## La Química y el olfato

Mercedes Alonso Giner

Vicepresidencia adjunta de Organización y Cultura Científica

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

e-mail: mercedes.alonso@orgc.csic.es

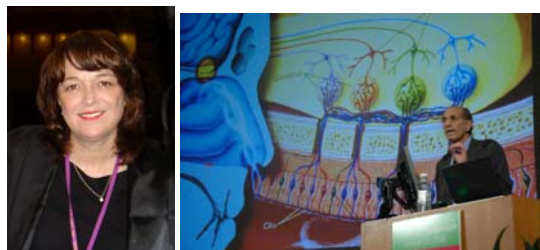
La Química está en todas partes. Desde que nos despertamos hasta que nos acostamos la Química nos persigue. No sólo la encontramos en los productos creados por el ser humano, sino que nuestro cuerpo también es Química. Un ejemplo son nuestros sentidos, el **gusto**, la **vista** y el **olfato**. Percibimos sabores, colores y aromas gracias a la Química.

En la actualidad, numerosos científicos de todo el mundo se interesan en conocer las propiedades sensoriales de las moléculas, es decir, su capacidad para interactuar con los receptores sensoriales. Esto ha dado lugar al nacimiento de una nueva disciplina conocida como la **Química Sensorial**. Estas investigaciones son fundamentales para crear nuevas texturas, sabores y fragancias y permiten el desarrollo de dispositivos artificiales que, imitando la función de nuestra nariz o lengua, identifican olores y sabores y realizan análisis muy precisos de las características de los productos.

### Química y olores

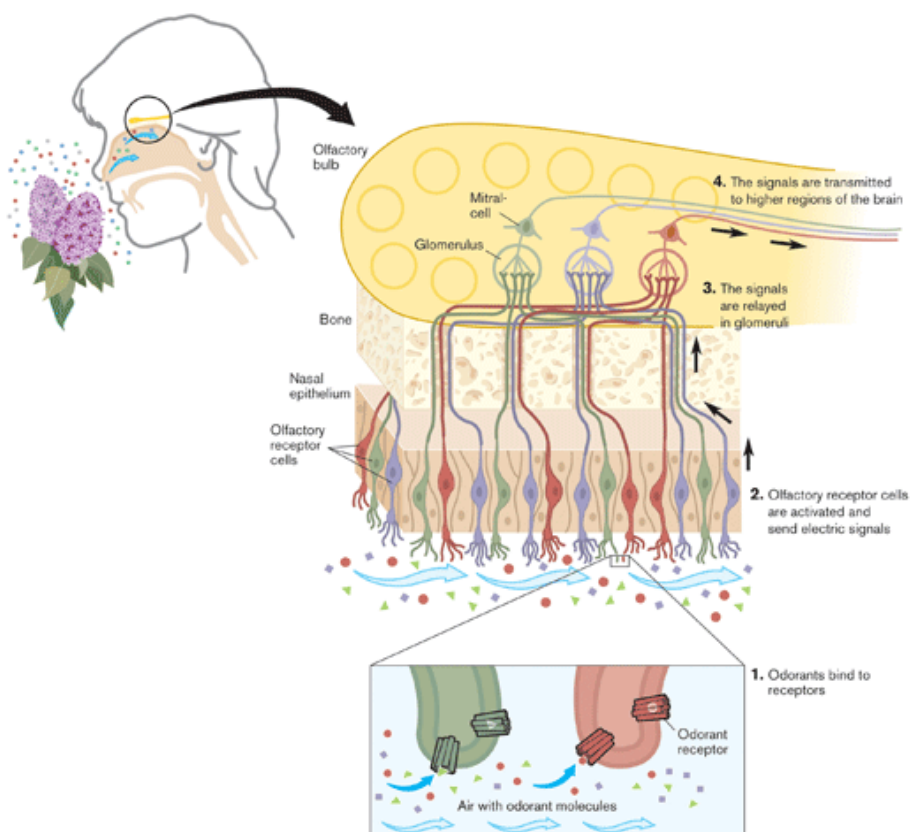
El primer sentido químico por excelencia es el del olfato. El olfato es el sentido encargado de detectar y procesar los olores. Cuando los seres humanos detectamos un olor se debe a la presencia de moléculas que son captadas a través de los receptores sensoriales que poseemos en nuestros órganos olfativos. Estas **sustancias odorantes** son compuestos químicos volátiles transportados por el aire que alcanzan la mucosa olfativa e impactan contra los receptores olfativos desencadenando un torrente de señales eléctricas.

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)



Linda Buck      Richard Axel

En el año 2004, la Academia Sueca decidió conceder a Richard Axel y Linda Buck el Premio Nobel de Medicina por sus descubrimientos sobre los receptores del olfato y la organización del sistema olfativo. Estos científicos estadounidenses descubrieron una gran familia de genes (aproximadamente un 3% de los que integran nuestro genoma) que controlan la producción de receptores específicos para diferentes sustancias químicas.



Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)



## Receptores olfativos y funcionamiento del sistema olfativo

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



Casi todos los vertebrados disponen de un epitelio olfativo, situado en el fondo de la cavidad nasal, con millones de neuronas específicamente configuradas para interactuar con los compuestos volátiles. La parte exterior de estas células tiene una estructura filamentososa, con prolongaciones de su membrana que adoptan una forma ciliada, que puede identificar ciertos compuestos químicos odorantes. Cada célula está especializada en recibir una serie de moléculas. Entonces se dispara una cascada de señales eléctricas que se procesan en el bulbo olfativo. El procesamiento de la señal es muy complejo, y permite que seamos capaces de llegar a reconocer y memorizar alrededor de **10.000 aromas diferentes**.

Diversas teorías han surgido para explicar el mecanismo por el cual los receptores reconocen las moléculas. La primera de ellas fue la *teoría de la forma*, que contempla que únicamente la forma molecular estaba relacionada con el carácter olfativo. Según esta teoría, las moléculas se unen al receptor olfativo selectivamente en un sistema llave-cerradura. Sin embargo, esta teoría es incapaz de explicar el hecho de que el ser humano sea capaz de reconocer más de 10.000 olores distintos con sólo **347 receptores olfativos**. Además, esta teoría es incapaz de predecir las propiedades olfativas de una molécula basándose únicamente en su estructura química.

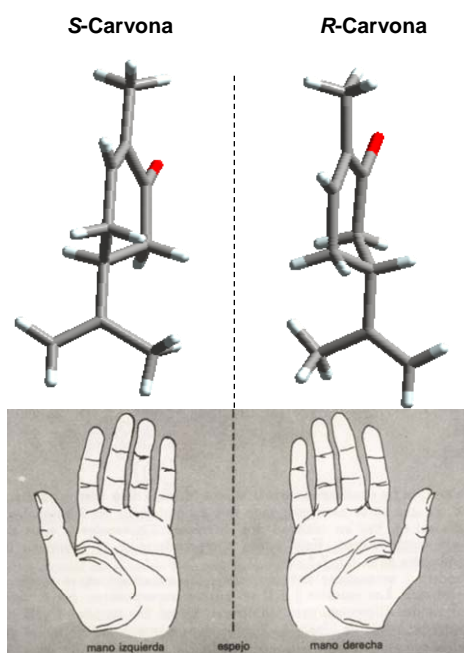
En 1996, el biofísico Luca Turín propuso la *teoría vibracional* que mantiene que los receptores olfativos actúan como diminutos espectroscopios detectando las transiciones cuánticas vibracionales de las moléculas odorantes.

En la actualidad, se ha comprobado que la percepción primaria funciona por un *modelo combinatorio*, propuesto por Richard Axel y Linda Buck, según el cual un receptor no reconoce únicamente a una molécula sino a varias y, viceversa, una misma molécula puede ser reconocida por varios receptores olfativos. De este modo, diferentes combinaciones matemáticas explicarían cómo a partir de 347 receptores olfativos somos capaces de reconocer 10.000 olores.

Investigaciones recientes evidencian cómo las moléculas odorantes se unen a las proteínas que componen los receptores olfativos, provocando un cambio conformacional que produce la liberación de una proteína G. En la formación de este enlace es probable que intervengan cationes metálicos, hecho que explicaría porque los alcoholes huelen más débilmente que sus homólogos los tioles. Si ligado a la proteína se encuentra un catión, como el zinc, la unión con la molécula odorante es mucho más fuerte provocando que el olor se perciba más intensamente. Este cambio en la conformación proteica marca el inicio de una serie de reacciones en cadena que producen la transmisión de impulsos eléctricos por los axones de las neuronas hacia el

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

cerebro, donde la información es recogida por los glomérulos, que almacenan la información de un mismo receptor. Esta teoría permite explicar por que algunos **enantiómeros** (formas diferentes de una misma molécula, cada una de ellas imagen especular de la otra) poseen olores distintos. Como veremos más adelante, la forma *R* de la carvona huele a menta mientras que la forma *S* a alcaravea. Se ha comprobado que la primera activa unos determinados tipos de glomérulos mientras que la *S* activa parcialmente los mismos pero también otros distintos.



Moléculas quirales, como la carvona, pueden adoptar dos formas diferentes, cada una de ellas siendo la imagen especular de la otra.

El esclarecimiento completo y definitivo de los mecanismos de recepción olfativa primaria permitirá conocer mejor como tiene lugar la percepción olfativa y así poder predecir el olor a partir de la estructura molecular de los odorantes. A partir de datos iniciales (matrices de características de los odorantes, proteínas receptoras, tipo de enlace, descriptores sensoriales de olores, etc.) y mediante técnicas de **Química Computacional** se podrá obtener el *algoritmo predictor del olor* de una estructura química o de la mezcla de varias de ellas.

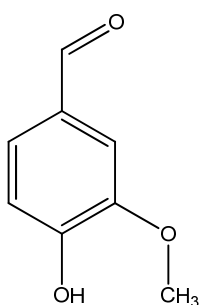
Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

## Moléculas y aromas

La naturaleza nos aporta la mayor cantidad de aceites esenciales que son la base de los aromas. Antiguamente se maceraban los pétalos de las flores para extraer los aceites. En la actualidad, la extracción se realiza con disolventes y se utilizan numerosas esencias sintéticas debido a su estabilidad y fácil obtención. La producción de nuevas esencias se ha transformado en un emporio económico, siendo una de las industrias más competitivas y que posee mayores secretos.

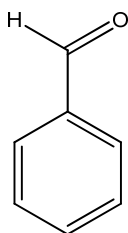
A continuación se muestran las estructuras moleculares de algunas de las esencias más conocidas:

Vainilla



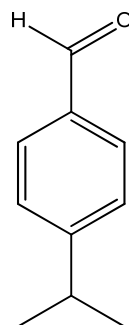
**Vainillina**  
(C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>)

Almendras  
amargas



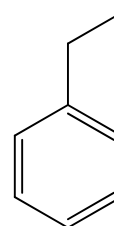
**Benzaldehído**  
(C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O)

Comino



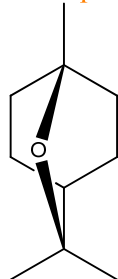
**Aldehído Cumínico**  
(C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>O)

Rosa



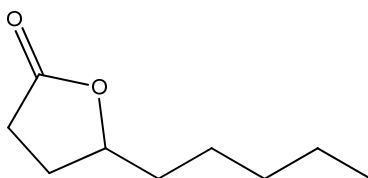
**2-Feniletanol**  
(C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>O)

Eucalipto



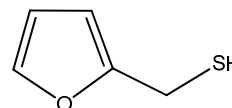
**1,8-Cineol**  
(C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O)

Coco



**γ-Nonalactona**  
(C<sub>9</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>)

Café



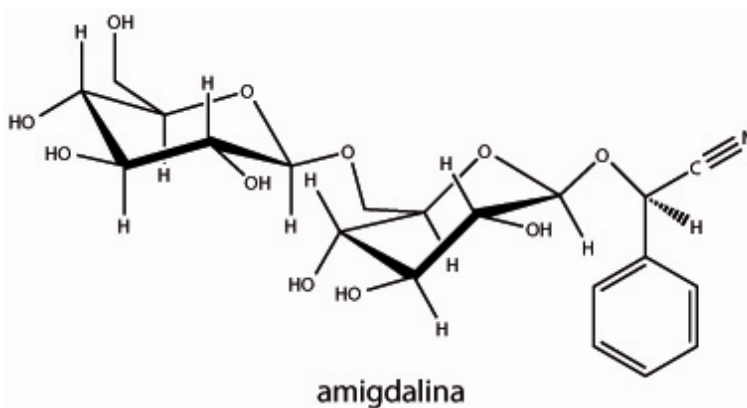
**2-Furilmetanotiol**  
(C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>OS)

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

## Moléculas y sus aromas

**VAINILLINA (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>):** La vainillina es el componente esencial del aroma de **vainilla**. La vainillina natural se extrae de las vainas de la semilla de una orquídea trepadora que crece en las zonas tropicales. Aunque se encuentran muchos compuestos en el extracto de vainilla, el responsable predominante de su característico olor y sabor es la vainillina. Debido a la escasez y el coste del extracto natural de la vainilla, numerosas investigaciones se han centrado en la síntesis de su componente predominante. La vainillina sintética se utiliza ampliamente en perfumería y en la elaboración de alimentos, bebidas y productos farmacéuticos.

**BENZALDEHÍDO (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O):** El benzaldehído es un líquido incoloro responsable del olor a **almendras**, que se emplea en la fabricación de colorantes y perfumes. Está presente en algunos frutos secos como las almendras amargas, y también en las semillas de algunos frutos como el albaricoque. Ambos frutos poseen una sustancia llamada amigdalina que en contacto con la saliva genera dos moléculas de glucosa, benzaldehído (es el que aporta el sabor amargo) y ácido cianhídrico (HCN, también conocido como cianuro de hidrógeno). El HCN que es uno de los venenos más potentes que existen y su toxicidad se debe al ión cianuro, que se une a la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno, inhibiendo la respiración celular. Tan sólo veinte almendras amargas pueden causar la muerte de un adulto, pero es poco probable comérselas.



**ALDEHÍDO CUMÍNICO (C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>O):** Es un aldehído que se encuentra en varias plantas, especialmente en el **comino**. La mayor parte de los efectos beneficiosos del comino se deben a este principio activo y permite su uso como tónico estomacal y estimulante intestinal por lo que se usa en el tratamiento de la inapetencia, el estreñimiento, la

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

aerofagia o las digestiones pesadas. Debido a su agradable aroma se utiliza ampliamente en la cocina. El aldehído cumínico se encuentra mezclado con otros en el incienso y en la mirra, contribuyendo a su aroma.

**2-FENILETANOL (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>O):** El 2-feniletanol es el principal componente de la esencia de **rosas** y se utiliza como fragancia en la industria del perfume, en la producción de cosméticos o para perfumar jabones debido a su agradable olor. Aunque se puede obtener de forma natural a partir de la extracción de dicha esencia de los pétalos de rosas, se necesitan muchos kilos de pétalos de rosa para conseguir un gramo de esta esencia. Se han descrito diversos métodos para la síntesis de este compuesto, aunque la mayoría presentan inconvenientes tanto desde un punto de vista medioambiental como económico. Por este motivo, en la actualidad se investiga en tecnologías más limpias y respetuosas con el medio ambiente para la síntesis del 2-feniletanol, que disminuyan además los costes de producción, como la catálisis heterogénea.

**1,8-CINEOL (C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O):** Es un éter cíclico también llamado Eucaliptol. Se encuentra en gran abundancia en los **eucaliptos**, y es el responsable de su aroma y de muchas de sus propiedades curativas. Se utiliza en medicina para vahos, pastillas para la garganta, enjuagues bucales, supositorios, etc.

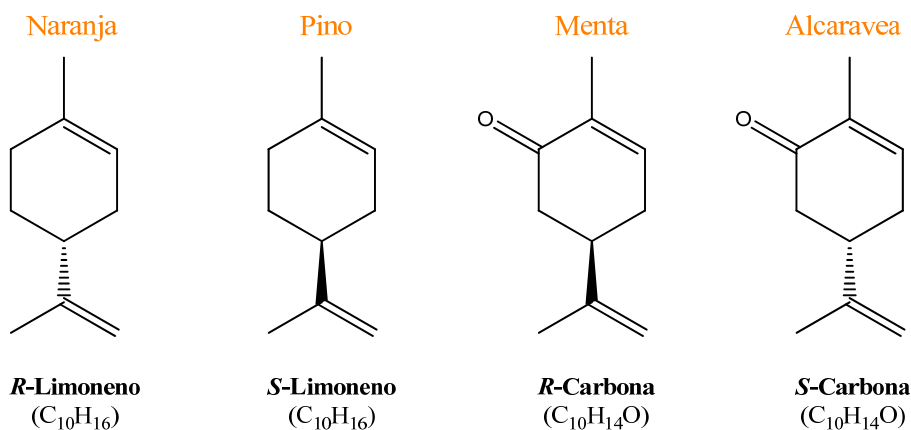
**γ-NONALACTONA (C<sub>9</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>):** Las lactonas son esteres cíclicos que forman anillos de cinco (γ-lactonas) y seis átomos (δ-lactonas). Los esteres volátiles tienen olores a fruta característicos. De hecho son responsables del aroma y la fragancia de muchas frutas, flores y perfumes artificiales. Un ejemplo es la γ-nonalactona que tiene un olor a **coco** muy característico. Otras lactonas de importancia capital para el aroma de los vinos de crianza y otros licores son las β-metil-γ-octolactonas, que se conocen habitualmente como las lactonas del whisky.

**2-FURILMETANOTIOL (C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>OS):** Este compuesto se encuentra en el **café** y contribuye enormemente a su aroma. Se han aislado más de 800 compuestos volátiles en el aroma del café tostado, siendo en su mayoría aldehídos, cetonas, fenoles, furanos, pirazinas, piridinas, pirroles y oxazoles. Entre todas estas moléculas, la más importante para el aroma del café es el 2-furilmetanotiol.

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)







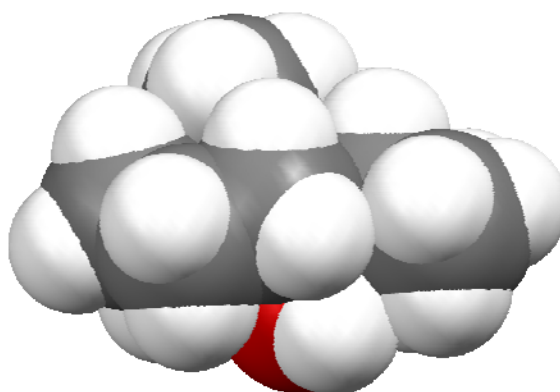
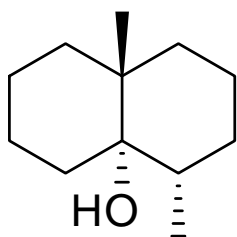
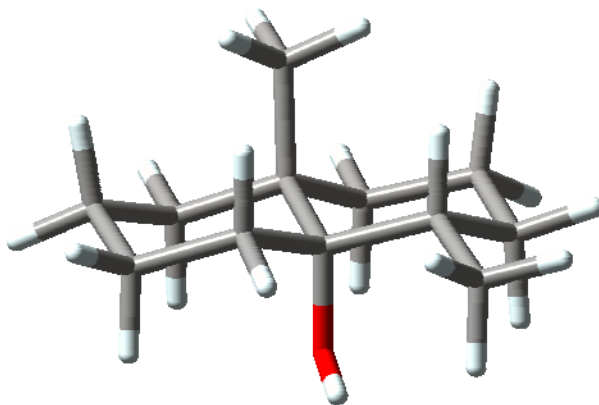
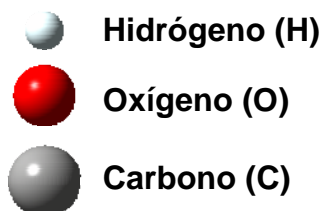
Enantiómeros del limoneno y de la carvona con olores diferentes

**LIMONENO (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>):** El limoneno es un hidrocarburo que pertenece a la familia de los terpenos cíclicos, que se encuentra en la corteza de los limones y de otros frutos de la familia de los cítricos. Se utiliza en la elaboración de perfumes, cosméticos y en alimentos, generalmente como sustancia odorante. La presencia de un carbono asimétrico (unido a 4 sustituyentes diferentes) determina que existan dos isómeros ópticos: *R*-limoneno y *S*-limoneno, que curiosamente poseen olores diferentes. Mientras el *R*-limoneno huele a **naranja**, el *S*-limoneno huele a **pino**.

**CARVONA S y R (D y L) (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O):** La carvona es una molécula asimétrica, que existe en dos formas prácticamente iguales que únicamente difieren en la disposición espacial de los sustituyentes de un carbono asimétrico: *S*-(+)-carvona y *R*-(-)-carvona. Son moléculas tan parecidas como la mano derecha y la izquierda, pero no son superponibles (quiralidad). Aunque la mayor parte de sus propiedades físicas y químicas son iguales, la nariz humana es capaz de distinguirlas, ya que la forma *R* de la carvona tiene olor a **menta** mientras que la forma *S* huele a **alcaravea** (una semilla que se utiliza como especia en la cocina).

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

## GEOSMINA (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O)



Diversas representaciones moleculares de las geosmina, compuesto responsable del olor a tierra mojada.

**GEOSMINA (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O):** La geosmina, que en griego significa "aroma de la tierra", es la responsable del característico **olor a tierra mojada** que percibimos cuando llueve o cuando la tierra se humedece. Se trata de un alcohol producido por cierta clase de bacterias llamadas *Streptomyces coelicolor* (también llamada *actinomicetes*), común en todo el mundo y próspera en subsuelos húmedos. En condiciones de sequía prolongada libera sus esporas para sobrevivir y éstas permanecen invulnerables por años; durante la lluvia dichas esporas se expanden por el aire a causa del viento y quedan suspendidas como un aerosol, entonces emanan un producto microbial: la geosmina, la responsable de ese **olor a lluvia** que sentimos al respirar el aire que contiene las esporas. El ser humano es altamente sensible a esta molécula, siendo capaz de percibir concentraciones de geosmina de hasta 1 parte por cada 10 billones, lo que la convierte en una de las moléculas más olorosas que existen. Sin embargo,

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

este compuesto es inestable frente a los ácidos que la descomponen y destruyen su aroma. Así, la lluvia ácida típica en las ciudades destruye su olor.

Algunos hongos filamentosos como el *Penicilium expansum* o algunas cianobacterias contenidas en el suelo también producen esta molécula de olor fuertemente terroso y mohoso que se puede encontrar en las manchas marrones de una manzana que se pudre. La geosmina también es la causante de olores desagradables en el vino. Cuando la uva ha sido atacada por algún hongo que la produce, el vino puede presentar aromas terrosos.

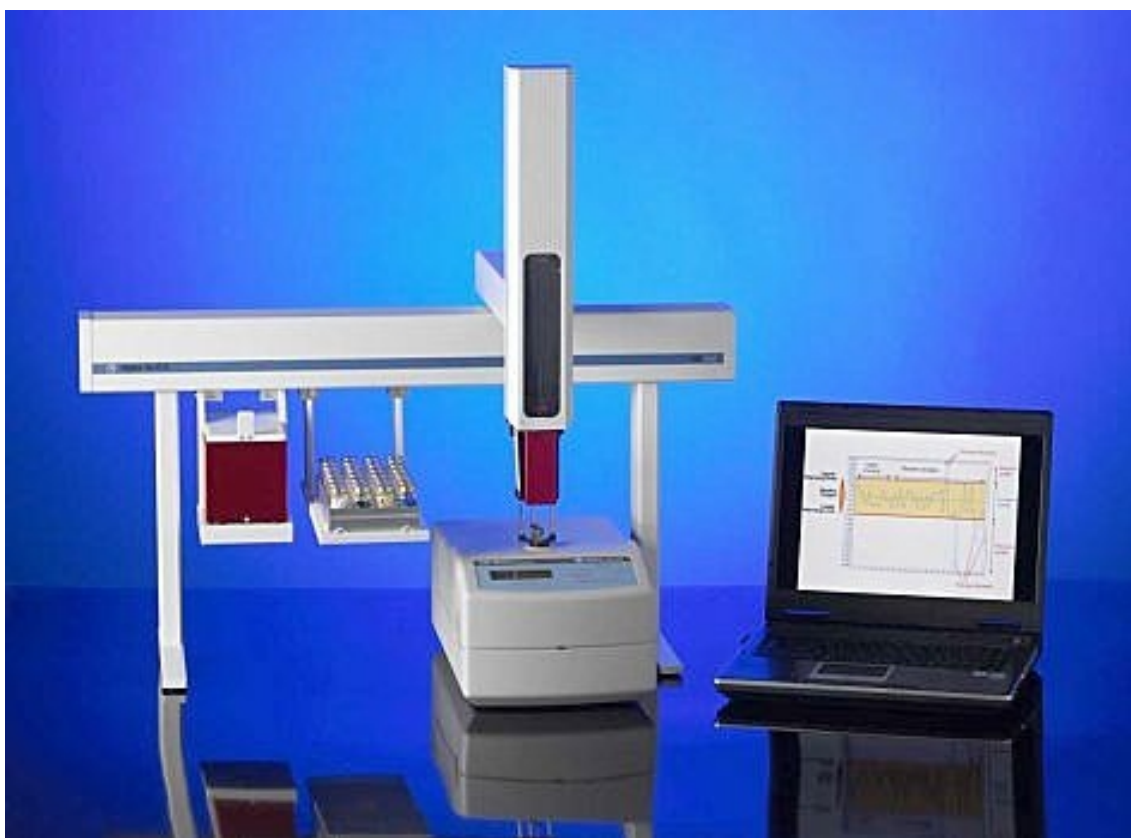
Desde el punto de vista evolutivo es importante para animales vertebrados y plantas que habitan desiertos. Animales como los camellos y algunos insectos se sienten atraídos por el olor de esta molécula, ya que su aroma indica que el agua se encuentra cerca. Curiosamente, son capaces de detectar este olor a kilómetros. Los cactus atraen a insectos que buscan agua gracias a este aroma, y esto facilita la polinización.

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)



## Narices electrónicas

Las narices electrónicas son detectores físicos de compuestos orgánicos volátiles que se utilizan actualmente en una gran variedad de procesos. Son complejos sensores capaces de realizar análisis cualitativos y/o cuantitativos de una mezcla de gases, vapores y olores. Estos dispositivos se utilizan en la actualidad para el control de calidad en la industria alimenticia, el diagnóstico médico, el desarrollo de fragancias y cosméticos, la detección de narcóticos y en el control de procesos industriales. Entre las aplicaciones futuras se prevé un uso doméstico masivo donde estas narices electrónicas estén integradas en electrodomésticos como frigoríficos o microondas, que detecten alimentos en mal estado o para el control adecuado de los procesos de cocción.



Fuente: Direct Industry

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

## Narices electrónicas por cromatografía de gases

Muy recientemente, un consorcio investigador en Madrid ha diseñado un novedoso dispositivo capaz de olfatear que se puede conectar al ordenador mediante un puerto USB. Cabe en la palma de la mano y detecta los estadios iniciales de enfermedades como el Alzheimer, además de incendios, sustancias tóxicas, productos caducados y otros olores. Entre sus aplicaciones biomédicas, este dispositivo se está utilizando actualmente para evaluar los niveles de olor percibidos por los enfermos de Alzheimer, ya que la anosmia o ausencia del sentido del olfato es uno de los síntomas de esta enfermedad. Otra de las potenciales aplicaciones de esta nariz artificial es incorporarla en los uniformes militares para la detección de gases tóxicos en zonas de conflicto.



Fuente: RTVE

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)

## La nariz artificial multiusos más pequeña del mundo

Sin embargo, el sentido del olfato humano sigue siendo muy superior en sensibilidad a estos detectores físicos, que aunque útiles para ciertas aplicaciones industriales, no consiguen discernir matices de olores y carecen además de la capacidad de integrar las percepciones procedentes del resto de los sentidos. Este sentido es muy complejo, no es sólo un sentido por el cual percibimos aromas sino que interviene y está muy ligado a la memoria y las emociones.

## Bibliografía recomendada

E. Angulo; "La química de los sentidos", 2008, *Química e Industria*, nº 580  
<http://www.anque.es/imagenes/QEI580.pdf>

K. C. Nicolau, T. Montagnon; "Molecules that changed the world", 2008, *Wiley-VCH*.

Texto publicado en la página web [www.quimica2011.es](http://www.quimica2011.es)