

La química de los olores

Deanna Marcano



ACADEMIA DE CIENCIAS
FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y NATURALES

La química de los olores

Deanna Marcano

La química de los olores



© Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2026
Rif: J-002485728

Publicado por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Palacio de las Academias, av. Universidad, apartado postal 1421, Caracas 1010-A,
Venezuela

Colección Divulgación Científica y Tecnológica

Hecho el depósito de ley

Depósito Legal (digital): DC2026000796

ISBN (digital): 978-980-8192-00-1

Comisión Editora:

Deanna Marcano (coordinadora)

Ismardo Bonalde

Gioconda San Blas

Coordinación de edición:

Pamela Navarro

Corrección de texto:

Pamela Navarro y Deanna Marcano

Diagramación y diseño gráfico:

María Alejandra Ramírez

Imagen de portada:

Composición gráfica a partir de imagen de

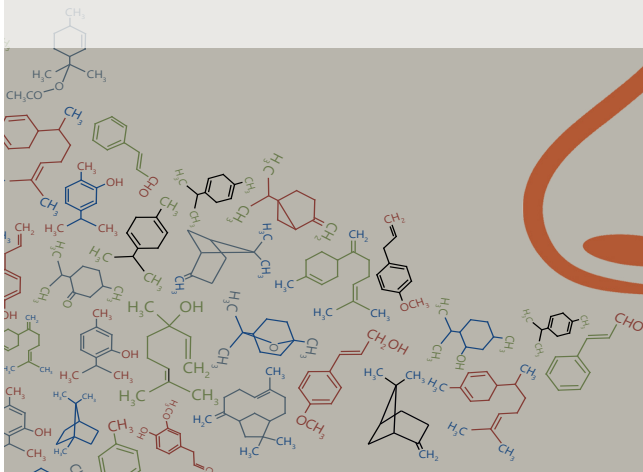
https://www.magnific.com/free-ai-image/tasty-smoke-cooked-food_149774036.htm

Ninguna parte de esta obra puede ser modificada, pero es de libre acceso para su reproducción y transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, siempre que ello vaya precedido con el nombre del autor y de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

Índice general

Introducción	7
1. El olor, percepción y moléculas	9
1.1 Cómo se percibe un olor	9
1.2 La estereoquímica y el olor	11
1.3 Las feromonas	13
2. Los olores y el ambiente	15
2.1 Olores desagradables	15
2.2 Olores agradables. Perfumes	18
2.3 Olor a tierra mojada	20
3. Aromas animales	23
3.1 El almizcle	23
3.2 El ámbar	25
3.3 El olor fecal. Escatol	27
3.4 Animales olorosos	28
4. El olor corporal	31
4.1 Moléculas responsables del olor humano	32
4.1.1 El sudor y olor de la piel	34
4.1.2 La halitosis	35
4.1.3 La región anogenital y urogenital (perineal)	36
4.2 El factor edad	36
4.3 Metabolopatía	38
5. Los olores de la cocina	39
5.1 Las especias	39
5.2 El olor del tostado	42
5.2.1 Café	42
5.2.2 Chocolate	43
5.2.3 Carne	43
5.3 El olor del pescado	44
6. Detección de aromas	45
Referencias	47

Introducción



Al tratar con sustancias olorosas, generalmente se prefiere referirse a olores agradables, típicos de perfumería, de repostería; sin embargo, la variedad de olores que se entremezclan caracteriza el ambiente y va desde gratos a desagradables, pero todos tienen una función específica: *identificar el entorno*. Por ejemplo, la cercanía de curtiembres de cuero (tenerías) se manifiesta por olores nauseabundos, o la cercanía de un templo se percibe por el olor a incienso. Igual pasa con los olores domésticos: la ropa recién lavada o los calcetines usados identifican ambientes con olores agradables o desagradables, respectivamente.

Hay varias expresiones y consideraciones culturales asociadas a los olores. Por ejemplo, el término *ingrediente de fragancia* describe algo que aporta algún aroma, pero en la nomenclatura de las patentes industriales, la definición resulta menos directa, pero más amplia: *es un material que puede usarse solo o añadirse a una mezcla o composición de aceites esenciales, compuestos aromáticos, fijadores y disolventes para crear una fragancia o perfume. La fragancia o perfume se usa para añadir un aroma agradable al cuerpo humano, a un animal, a un grupo de alimentos, a un objeto o a un espacio habitable*.

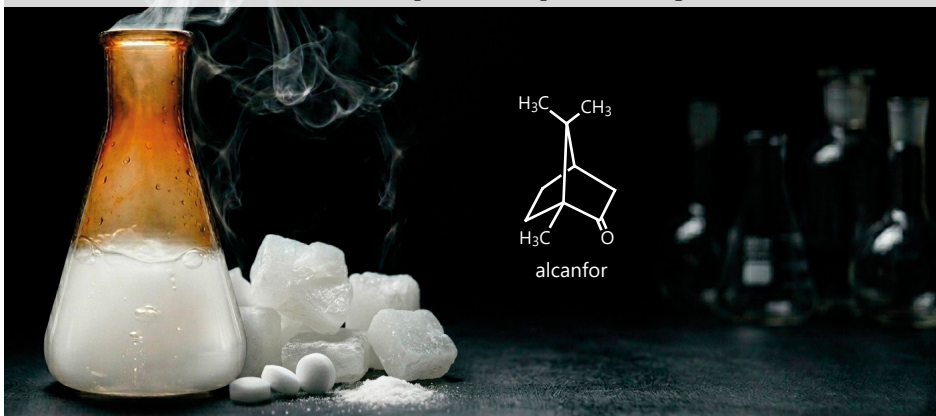
Según Federico Kukso, periodista y autor del libro *Odorama* (Ed. Taurus, 2019), que relata la historia cultural del olor, indica que *el olor ha sido históricamente un personaje considerado secundario, una especie de decorado de fondo de los eventos, de las intimidades, de las revoluciones, cuando en realidad todos sabemos cómo un aroma puede cambiar cómo nos sentimos, es decir, el poder mágico que tiene sobre nosotros*.

En esta oportunidad nos dedicaremos a considerar los olores como el resultado de la sensación y percepción olfativa de moléculas capaces de estimular nuestro sistema olfatorio. Nótese que la *sensación* se refiere a la detección física de un estímulo que ofrece la información básica al cerebro: por ejemplo, «hay un olor en el ambiente», mientras que la *percepción* reseña la interpretación de la sensación en un proceso mental; por ejemplo, identifica el olor del ambiente como un «mal olor».

Es preciso aclarar que no se trata de un texto técnico; es una obra divulgativa que pretende ilustrar cómo la química está asociada a los olores, a través de ejemplos cotidianos y familiares para la mayoría de los lectores. Por ello, no se profundiza en los mecanismos de detección de olores, de cómo el hombre percibe y relaciona un olor con una situación ordinaria, se trata de asociar los diferentes olores a ciertas moléculas con características estructurales básicas. Solo se menciona un caso (**Capítulo 2**) en el cual las diferencias de estereoquímica, que responde a la distribución espacial de los átomos en una molécula, son responsables de la diferencia en el olor detectado.

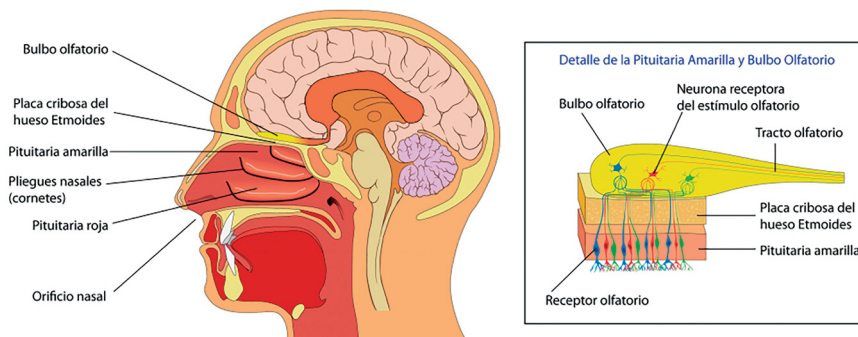
Cuando sea posible, se ilustrará con las fórmulas químicas correspondientes a tales moléculas.

1. El olor, percepción y moléculas



1.1 Cómo se percibe un olor

El sentido encargado de detectar y procesar los olores es el olfato, en el que actúan como estimulantes moléculas odoríferas que se desprenden de sustancias volátiles y entran en contacto con el epitelio olfativo situado en las fosas nasales. El epitelio olfativo tiene varios tipos distintos de células, pero las que nos interesan son las receptoras olfativas, que son neuronas especializadas capaces de detectar una amplia gama de olores. Cada una de estas células tiene receptores que se unen a moléculas odoríferas específicas: cada receptor de olor solo reconoce una molécula o clase de moléculas particulares.



Esquema del aparato olfatorio.

Fuente: <https://www.dianacuriel.com/blog-educacion/sentidos-gusto-y-el-olfato-en-una-clasificacion>

Cuando una molécula se une a un receptor olfativo, se desencadena una reacción química que convierte el estímulo químico (representado por el olor) en una señal eléctrica, la cual es transmitida por las células receptoras olfativas a través del nervio olfativo hasta el bulbo olfatorio, una estructura en la base del cerebro donde comienza su *interpretación: la percepción consciente*. La información olfativa se dirige a varias zonas cerebrales, incluyendo la zona de memoria y de las emociones como el hipocampo y la amígdala. Esta distribución de información explica por qué los olores pueden evocar recuerdos y desencadenar respuestas emocionales, por ejemplo, al asociar un perfume a una situación romántica, o respuestas físicas: los olores a excrementos o podredumbre incitan al individuo a alejarse.

Los receptores olfativos (llamados también receptores olfatorios) son propios de cada especie; por ejemplo, los insectos tienen dos clases de receptores olfativos: los *generales*, que discriminan sustancias por sus características o utilidades: fuentes de alimentos, de peligro, etc., y los *específicos*, que son sensibles a las feromonas y actúan como atrayentes sexuales.

La exposición continua a un olor puede reducir la sensibilidad hacia su percepción y ello se conoce como *adaptación olfativa*. Esta condición permite detectar nuevos olores, distintos a los que genera la adaptación olfativa. Es decir, la constante exposición a un determinado olor hace que el cerebro lo admita como «percepción normal» (se acostumbra a él) y cualquier nuevo olor resaltará fuera de la percepción normal.

La capacidad olfatoria es propia de cada individuo: es la habilidad del sistema olfatorio de detectar y procesar olores. Para un mismo individuo, no todas las moléculas tienen la misma capacidad de ser detectadas por el sentido del olfato, ya que ello depende de su volatilidad y de su estructura química, la cual le permite interactuar con los receptores olfativos específicos de cada persona: algunos individuos perciben olores que otras personas no pueden.

Además, la concentración de moléculas odoríferas en el entorno determina la intensidad del olor percibido, pero cada individuo tiene un umbral de detección diferente para cada olor: una misma concentración de moléculas odoríferas puede ser notada con diferente intensidad en distintos individuos.

Los olores que percibimos son la suma de una mezcla de diferentes olores primarios, siendo cada uno típico de una sustancia química particular, tal como especuló el filósofo romano Lucrecio (siglo I a. C.), quien aseguraba que los distintos olores se *atribuyen a las diferentes formas y tamaños de los «átomos»* (moléculas de olor) *que estimulan el órgano olfativo* [1].

El término *olfateo* se define como «un comportamiento de muestreo de los olores a través de las fosas nasales, con el fin de adquirir información». Este comportamiento, que es propio de todos los vertebrados terrestres, regula también la percepción de los olores en los humanos y en ellos es una acción consciente de aspirar para percibir un olor.

Con el olfateo se adquiere información sobre un olor y ello deriva en la ejecución de los comportamientos motivados por la estimulación eléctrica de los centros de recompensa del cerebro, como se indicó antes. Por ejemplo, la recompensa de un buen bocado de camarones al ajillo tras la percepción del aroma que le es propio.

El olfateo es una *quimiorrecepción*, que es general en todos los seres vivos y representa la habilidad de un organismo de detectar compuestos químicos en el ambiente, lo que produce una respuesta medible. La quimiorrecepción está presente desde las primeras etapas de evolución de los organismos. Así, la forma más sencilla de quimiorrecepción se ha determinado en bacterias para las cuales los compuestos que actúan como repelentes o atrayentes producen cambios en la velocidad, forma y dirección de su movimiento, lo que se conoce como *quimiotaxis*. La quimiotaxis en bacterias responde a dos clases de sustancias: azúcares y aminoácidos; regula el movimiento de los flagelos de las bacterias, dirigiéndolas o alejándolas de la fuente del estímulo.

El sistema olfativo, junto con el sistema gustativo, se considera como sentido químico-sensorial, que transforma las señales químicas en una percepción. Así, el sabor de un alimento está determinado por la combinación de sensaciones percibidas por el gusto y el olfato. Esta combinación, junto con la sensación táctil en la boca, es lo que se conoce como «sabor». Existe la tendencia de confundir «gusto» con «sabor» y, por ello, se prefiere utilizar el término en inglés *flavor* para esta percepción.

El *flavor* (sabor) está determinado por una gran cantidad de moléculas distintas, presentes en el alimento, aunque la mayor contribución al flavor procede de moléculas pequeñas, que por ser volátiles en su mayoría, llegan rápidamente a la nariz donde se perciben. No es extraño escuchar que, debido a una fuerte gripe (que conduce al bloqueo del epitelio olfativo), *la comida no sabe a nada*, consecuencia de la *anosmia* (pérdida del olfato), que puede tener diferentes causas; por ejemplo, puede resultar de efectos secundarios de medicamentos, de obstrucción nasal o del moco propio de estados gripales o alérgicos, etc.

1.2 La estereoquímica y el olor

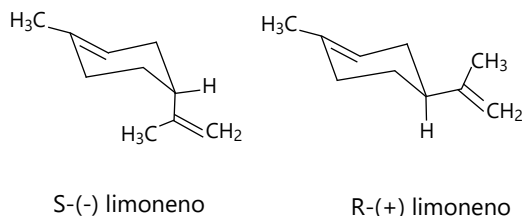
La ordenación de los átomos que forman una molécula es su *fórmula estructural* y la disposición relativa en el espacio tridimensional de los átomos que la integran es su *estereoquímica*. Para una misma fórmula estructural (misma secuencia de los enlaces entre sus átomos), puede existir más de una disposición relativa de sus átomos y ello da origen a lo que se conoce como *estereoisómeros*.

La estereoquímica es fundamental en las interacciones entre moléculas odoríferas y receptores, siendo estos también moléculas cuyas estructuras químicas tienen una estereoquímica definida. En otras palabras, un receptor solo podrá interactuar con una sustancia odorífera si sus moléculas pueden acoplarse: la forma tridimensional de la molécula odorífera es crucial para que se produzca su unión al receptor y con ello, la percepción del olor.

Durante el desarrollo de este cuadernillo, para simplificar la información, no se discrimina la capacidad odorante de los estereoisómeros de las diferentes sustancias odoríferas y, de hecho, en las representaciones gráficas (fórmulas) de las moléculas responsables del olor, no se indica la estereoquímica [2].

Si bien se conocen casos donde dos estereoisómeros de una misma fórmula estructural huelen diferente, pues difieren en la interacción con los receptores, aún faltan muchos datos para una mayor comprensión del papel de la estereoquímica en la percepción de moléculas odoríferas. Un caso sencillo es la diferencia en la percepción del olor del limoneno, un aceite aromático presente en las cortezas de cítricos.

La molécula del limoneno (que se juzga como el principal odorante de la corteza del limón) puede existir como dos estereoisómeros (en este caso conocidos como *enantiómeros*): el R-(+) limoneno y el S-(-) limoneno, con diferencias en su olor, como se indica a continuación.



El S-(-) limoneno está en pequeñas cantidades entre las moléculas odoríferas de la corteza del limón (*Citrus limon*) y el R-(+) limoneno se asocia mejor al olor de la corteza de las naranjas (*Citrus sinensis*) [3].

El S-(-)-limoneno es el enantiómero principal responsable del aroma (aunque en cantidades menores al 3 %) del aceite de citronela (*Cymbopogan nardus*) y del malojillo (*Cymbopogan citratus*).

Dato curioso

Hay dos clases de estereoisómeros: los enantiómeros y los diastereosómeros. Los símbolos (+) y (-) se asocian a los enantiómeros y se refieren a la desviación de la luz polarizada (a la derecha o a la izquierda, respectivamente) cuando un rayo de ella pasa a través de una solución de una sustancia cuyas moléculas son ópticamente activas (conocidas como moléculas quirales). Los enantiómeros son entre sí imágenes especulares y desvían la luz polarizada en sentido opuesto. Las letras R y S se refieren a la secuencia hacia la derecha (*rectus*) o a la izquierda (*sinister*), contada de mayor a menor, de los sustituyentes sobre un átomo quiral (con cuatro sustituyentes diferentes), en la estructura tridimensional de la molécula.

El aislamiento de los componentes individuales de una sustancia como en el caso del aceite de los cítricos, así como la cuantificación de cada compuesto presente y su relación con el olor que emanan, es un proceso complicado que presenta además problemas

técnicos: la identificación correcta de la fuente, las posibles variedades de híbridos, del cultivar, del manipuleo, etc. A ello se suma el proceso perceptivo del humano (ver más adelante, **Capítulo 6. Detección de aromas**). Esto indica que, aunque la estereoquímica de la molécula odorífera, por ejemplo el limoneno, dirige la interacción con los receptores, los factores involucrados en el proceso son mucho más diversos: pureza de la sustancia a evaluar, método de evaluación, catadores, etc., adicionales al conocimiento de la estructura química.

1.3 Las feromonas

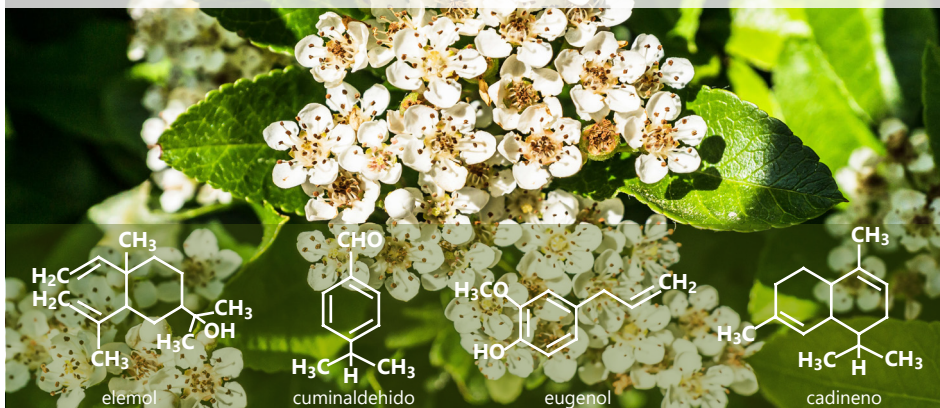
Como se asomó antes, una *feromona* modula los hábitos de una especie. El término feromona define una *sustancia química producida y liberada por un organismo que afecta el comportamiento o la fisiología de otro organismo de la misma especie, en el cual desencadena una respuesta específica*. Las feromonas, sus estructuras y las respuestas que provocan se han estudiado principalmente en animales, pero en el hombre su análisis resulta complicado.

Se asigna a las feromonas (sustancias químicas) humanas la responsabilidad de la atracción sexual, pero en las relaciones humanas se involucran muchos otros actores: sociales, culturales y psicológicos. Así, aunque juegan un papel en la atracción interpersonal, las feromonas no son los únicos determinantes.

En general, se plantea que los componentes del olor de la piel actúan como feromona, sin datos concluyentes, y se ha sugerido que su percepción se atribuye al órgano *vomeronasal* ubicado en las fosas nasales cerca del tabique, en analogía a lo que se conoce de los mamíferos [4].

Sin embargo, aunque este órgano aparentemente cumple esa función en algunos vertebrados, en el hombre no está claro su papel. El órgano se manifiesta en el embrión y se va atrofiando desde el nacimiento y durante el desarrollo, por lo cual no es funcional en adultos. Existe mucha discrepancia en la información de la funcionalidad del órgano vomeronasal como receptor de feromonas, las cuales se las identifica a veces como *vomeroforinas*, cuya naturaleza química se revisa someramente más adelante.

2. Los olores y el ambiente



Existe una clasificación de cinco «sabores» básicos más o menos aceptada: *dulce*, *amargo*, *salado*, *agrio* y *umami*, aunque hay quienes proponen más sabores: *dulce*, *salado*, *agrio*, *amargo*, *umami*, *graso*, *picante*, *astringente* y *metálico*, que probablemente, algunos están asociados a la combinación de los sabores básicos con la textura del alimento. La clasificación de olores es aún más compleja, por lo que se proponen varias categorizaciones. Una de las más comunes se refiere a olores primarios que pueden ser distinguidos por el sentido del olfato humano, a saber: 1) fragante/floral; 2) leñoso/resinoso; 3) frutal no cítrico; 4) mentolado/refrescante; 5) químico; 6) dulce; 7) quemado/ahumado; 8) cítrico; 9) podrido, y 10) acre/rancio.

No todos los olores son placenteros. Son muchos los factores que determinan si un olor es agradable o no; incluso ante un mismo olor, la percepción humana puede variar dependiendo del catador (su fisiología, aspectos culturales y sociales), concentración, entorno, etc. A continuación, revisaremos someramente grupos de olores y sus componentes.

2.1 Olores desagradables

Al igual que en el resto de los olores, el mal olor debe concebirse como un cóctel de muchas moléculas orgánicas diferentes, como veremos más adelante. Las moléculas más frecuentes responsables de olores desagradables contienen átomos de azufre, nitrógeno, o presentan grupos funcionales con oxígeno, tales como cetonas y aldehídos, típicos de los olores acres de los productos lácteos y de los vegetales en descomposición. En la **Tabla 1** se reseñan algunas moléculas responsables de olores desagradables.

En general, se asocia los malos olores a moléculas que contienen: a) azufre / selenio, b) nitrógeno, y c) oxígeno en ácidos orgánicos de bajo peso molecular (**Tabla 1**). Nótese que con pequeños cambios químicos se puede pasar de olores desagradables a agradables. Tal es el caso de los ésteres de los ácidos orgánicos: del olor pungente del vinagre (ácido acético) al olor afrutado del acetato de etilo.

Tabla 1. Moléculas responsables de algunos olores desagradables

Clase de molécula	Elemento distintivo	Olor típico de
Sulfuro de hidrógeno	Azufre	Huevo podrido
Sulfuro de dimetilo	Azufre	Verduras descompuestas
Tiocianatos e isocianatos	Azufre /oxígeno	Repollo, brócoli (crucíferas)
Mercaptanos	Azufre	Podrido
Metilamina y amoníaco	Nitrógeno	Pescado descompuesto, queso
Indol, escatol	Nitrógeno	Excrementos
Cadaverina, putrescina aminas de bajo peso molecular	Nitrógeno	Carne y pescado descompuestos
Ácidos carboxílicos, aldehídos, cetonas, de bajo peso molecular	Oxígeno	Grasas rancias, verduras en descomposición

Los mercaptanos (llamados también tioles) son los más señalados; de ellos son familiares el metil y el etilmercaptano (CH_3SH y $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$, respectivamente), que producen el típico «olor a gas», que es el olor de los pozos petroleros. Sin embargo, el gas natural de uso doméstico tiene poco olor y, para alertar sobre posibles fugas, la industria petrolera le añade estos mercaptanos.

Dato curioso

El etilmercaptano es el responsable del olor desagradable de un fruto preciado en Asia Menor, el *durián* (incluido en la lista de los *superfoods* por su poder nutricional, al que se le asigna el mote *rey de las frutas*). Se distingue por su gran tamaño, suele pesar de 1 a 3 kg, su fuerte olor y las espinas de su cáscara. En algunos países como Tailandia, Hong Kong y Japón, está prohibido ingresar con la fruta en transportes públicos o en hoteles.

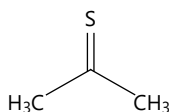


El durián, la fruta más apestosa del mundo, *blog de Finding Lovers*, publicado en julio de 2021.

Algo que debe tomarse en cuenta es que, dependiendo de la concentración del odorante, el olor puede pasar de nauseabundo a agradable. Por ejemplo, el metilmercaptano se utiliza en cantidades traza como potenciador del aroma de ciertos alimentos en los cuales ya está presente (ej., productos lácteos, caramelos, etc.), para mejorar su perfil sensorial general. El metilmercaptano se emplea en la producción de metionina sintética utilizada como suplemento alimenticio para pollos [5].

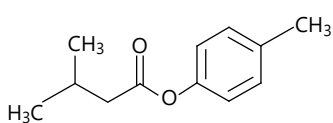
Esta propiedad: pasar de agradable a desagradable o viceversa, en función de la concentración, es bastante frecuente en las moléculas odoríferas, pero no se pueden establecer los rangos individuales en los cuales cambia la percepción agradable-desagradable, ya que ello depende fundamentalmente del sustrato al cual se aplica y del individuo receptor del olor.

El olor considerado como el más desagradable de todos se atribuye a la tiocetona (CH_3CSCH_3), que fue accidentalmente obtenida en 1889, en un laboratorio de Friburgo, Alemania. Se dice que su olor provocó la evacuación completa de la ciudad, ya que inducía vómitos y mareos a quienes la olieran a menos de medio kilómetro.

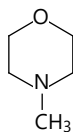


tiocetona

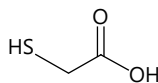
Otro ícono de los malos olores es *el olor a letrina en campamento militar*, cuya preparación como *bomba fétida* se solicitó en 1998 por el Departamento de Defensa de EE. UU., para ser usada en caso de conflictos bélicos. La bomba fétida es una mezcla de varios compuestos cuyas moléculas presentan azufre, nitrógeno, oxígeno, además de derivados de ácidos grasos de bajo peso molecular. Algunos componentes de ese olor se indican abajo.



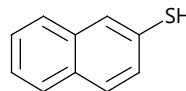
p-cresilisovalerato



N-metilmorfolina



ác. tioglicólico



2-naftalentiol

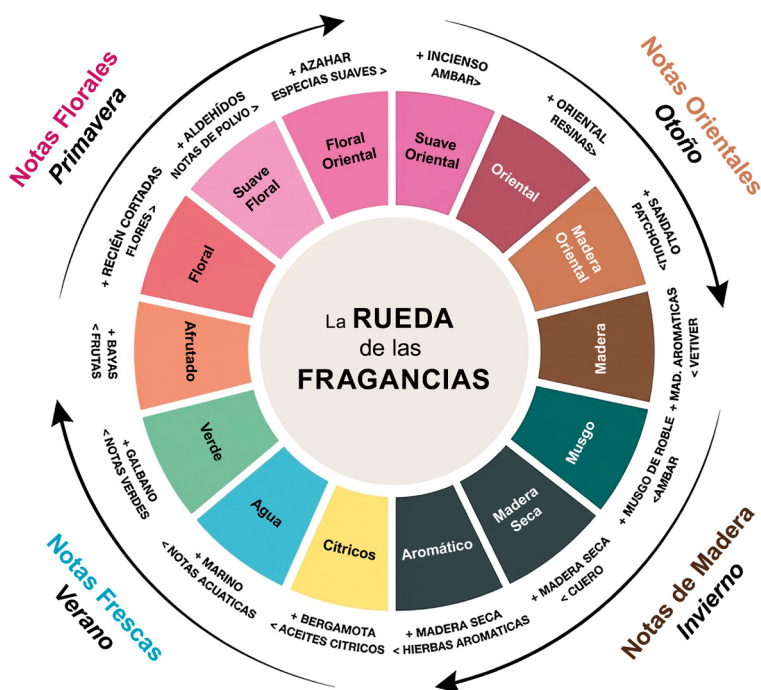
Dato curioso

Un análogo de la bomba fétida se utiliza como estándar para evaluar la efectividad de los desodorantes corporales y ambientales.

Los olores agradables se asocian a perfumes; en ellos se encuentra poca representación de moléculas con azufre y nitrógeno; son generalmente hidrocarburos y derivados oxigenados: ésteres, aldehídos y cetonas.

2.2 Olores agradables. Perfumes

En general, se reserva el término aroma a olores agradables. Los perfumistas, grandes usuarios de los aromas, agrupan los olores en familias olfativas para definir el tipo de aroma. En esta clasificación existe lo conocido como *ruedas de fragancias*, que son diagramas circulares que presentan las relaciones entre grupos de aromas de acuerdo a similitudes y diferencias de su olor. Se supone que los grupos limítrofes comparten características olfativas comunes. Hay varias ruedas de fragancias, las cuales son artificios propios de cada empresa dedicada a la perfumería o laboratorios asociados, quienes establecen sus propias ruedas y las utilizan frecuentemente como herramienta de clasificación. Estas ruedas son particularmente usadas en enología, en perfumería, en la industria de bebidas espirituosas, etc.



Ejemplo de una rueda de aromas

Fuente: Modificado de https://anayelperfume.blogspot.com/2016/03/la-piramide-olfativa_25.html

También hay ruedas de fragancia para el café, como la «rueda de la cata» de la *Specialty Coffee Association* (SCA), que es, en analogía con las ruedas de perfumería, la representación visual de los sabores y aromas del café [6].

Existe una vasta información acerca de sustancias odoríferas, en especial aquellas dedicadas a perfumería que está sistematizada en catálogos; pero, entrar en detalles en este punto sería una exposición casi infinita para tratar de describir cada perfume, su

composición y la concentración de cada odorante (molécula que aporta el olor) presente, además de otros constituyentes del perfume, como fijadores de aromas, usos, cambios en su olor por descomposición o por reacción con otros ingredientes presentes, etc. Casi siempre la información se encuentra protegida por patentes.

Lo que sí es factible es inferir en la naturaleza química de las sustancias aromáticas empleadas en perfumería. Son, en general, moléculas pequeñas, volátiles, constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno, que pertenecen al grupo de los aceites esenciales. Son moléculas de 10 o 15 átomos de carbono en su esqueleto, conocidos como *monoterpenos* o *sesquiterpenos*, respectivamente. Pueden ser hidrocarburos (solo C y H), aldehídos, alcoholes, cetonas, ésteres, etc. (que contienen además O), generalmente de origen natural, que se encuentran como componentes minoritarios en plantas y animales, y por ser productos de su metabolismo, se les conoce también como *metabolitos secundarios*. De este tipo de moléculas también las hay sintéticas (no naturales), pero igualmente útiles en perfumería. A los anteriores se les unen algunas sustancias aromáticas con estructuras derivadas del benceno.

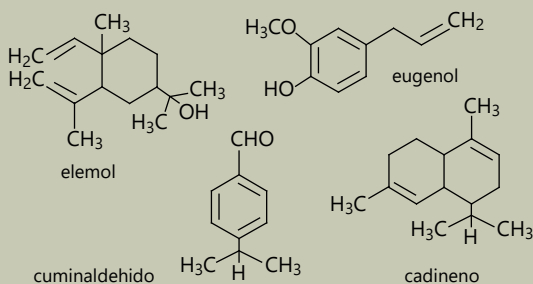
Los materiales perfumados primitivos: maderas, resinas, aceites, flores, etc., se usaban para aromatizar el aire y solían quemarse para liberar su aroma.

Dato curioso

Un ejemplo histórico es la *mirra*, una resina exudada por diferentes especies, pero la mirra proviene de *Commiphora myrrha*.



Commiphora myrrha



Algunos componentes de la mirra

La *Commiphora* (árbol de mirra) es típica del norte de África oriental. La mirra ha sido utilizada desde la antigüedad no solo como aromatizante, sino por sus propiedades antisépticas, antibacterianas, antiinflamatorias y cicatrizantes, en medicina tradicional y en procesos de momificación. La composición química de la resina mirra es bastante compleja; contiene esteroides, lignanos, flavonoides, azúcares, además de aceites esenciales, como elemol, eugenol, cinamaldehído, cadineno, cuminaldehído, m-cresol, dipenteno, limoneno, pineno, furano, etc., algunas fórmulas ilustradas arriba, principales contribuyentes al aroma [7a]. Existen otras plantas productoras de exudados análogos a la mirra, por ejemplo *Tetradenia ripara*, un arbusto con hojas aromáticas, repelentes de insectos, llamadas «falsa mirra». Esta última planta ha sido utilizada desde hace siglos por el pueblo zulú al sur de África [7b].

Los primeros perfumes elaborados como tales se remontan a la Mesopotamia; sin embargo, el uso de materiales aromáticos se constata desde los albores de la civilización. Se propone que en el Neolítico los aromas se utilizaban para atraer presas en la caza o para ahuyentar insectos. Luego, las civilizaciones posteriores desarrollaron sus propias sustancias odoríferas, cada vez más elaboradas, no solo dedicadas a la perfumería, sino aplicadas a la industria alimentaria, productos de limpieza, purificadores de aire, etc.

La información puede localizarse en los escritos de la Academia del Perfume (<https://www.academiadelperfume.com/el-perfume/historia>) [8]. Allí se encuentra cómo se preparaban las sustancias aromáticas propias de una determinada civilización y para qué se usaban.

Dato curioso

En 1709, Giovanni Maria Farina creó un agua aromática: el *agua Jean-Marie Farina*, para las cortes reales europeas. Su aroma recordaba una solución alcohólica de plantas aromáticas producida en la Edad Media en un convento italiano. Posteriormente, el agua aromática evolucionó a la marca *Colonia 4711*, todavía en el mercado, que tomó el nombre de la ciudad donde su creador residía: Colonia en Alemania y el número de la casa donde se preparó. Se registra que en las cortes francesas el perfume era de uso obligado para ocultar los olores corporales.

Mucho se puede escribir sobre perfumería; sin embargo, preferimos dedicar este cuadernillo a olores menos llamativos, pero siempre presentes en la vida cotidiana. En lo posible, se identificará la estructura química de las moléculas odoríferas responsables de los diferentes olores.

2.3 Olor a tierra mojada

El nombre acuñado al olor de tierra mojada, también conocido como «olor a lluvia» u «olor a tierra húmeda», es *petricor*. Este aroma se produce por la combinación de compuestos químicos liberados por las bacterias y hongos del suelo, así como por aceites volátiles provenientes del lavado, al entrar en contacto con la lluvia, de las especies vegetales concurrentes en el ambiente y de otros compuestos accidentalmente presentes. Es por ello que el petricor no tiene una composición química definida o constante.

El término petricor fue acuñado por los científicos australianos Isabel Joy Bear y R.G. Thomas en 1964, quienes lo describieron parcialmente como el «olor que deriva del aceite exudado por ciertas plantas durante períodos de sequía». Otros definen el petricor como *ese olor particular que aparece en el aire al humedecerse con agua las distintas arcillas y los suelos secos naturales..., producto de un aceite amarillento atrapado en las rocas que se libera por la humedad*.

Tal vez la definición más acertada del petricor sea «una sensación de tierra mojada», que no define a un grupo particular de sustancias químicas, por lo que es de composición variable, en contraste con *geosmina*, una sustancia química de fórmula molecular conocida producida por bacterias del género *Streptomyces*, por ciertas cianobacterias y

por algunos hongos que viven en el suelo. La geosmina es un componente importante del petricor.



Petricor, el característico olor a tierra mojada después de la lluvia.

Fuente: (<https://www.snexplores.org/article/scientists-say-petrichor>)

Los humanos son capaces de detectar trazas de geosmina hasta concentraciones tan bajas como 1 g en un trillón de litros de agua [9].

Dato curioso

En consideración a la estructura tridimensional de las moléculas, estas pueden presentar diferentes orientaciones de los sustituyentes en los esqueletos carbonados, lo que se conoce como estereoquímica (ver Sección 1.2). En el caso de la geosmina, nos referimos a la orientación relativa de los grupos CH_3 y OH . Debido a las posibles diferencias de orientación de esos grupos, el poder odorante varía. Este es un comportamiento general de las moléculas porque, como se indicó, de su estereoquímica depende la efectividad de la unión con los centros receptores del olor.

Muchos insectos pueden detectar geosmina y en ellos actúa como atrayente, indicando que su presencia puede coincidir con la de los microbios productores de toxinas. También se ha citado que la geosmina y sustancias análogas están implicadas en el patrón migratorio de las anguilas [10].

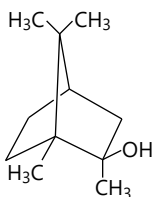
La geosmina también se encuentra en vegetales. En la remolacha, contribuye con el sabor terroso y en ella no solo proviene de la infección del vegetal por ciertos microorganismos alojados en la película que la recubre, sino que también puede ser producida por la remolacha misma sin influencia externa [11].

La geosmina provoca un sabor desagradable en el agua potable que los consumidores perciben como una indicación de mala calidad del agua. No obstante, a pesar de sus efectos negativos sobre el sabor del agua, la geosmina no es tóxica para los humanos.

Dato curioso

Los mosquitos portadores de la fiebre amarilla (*Aedes aegypti*) se sienten atraídos por la geosmina, por lo cual se ha propuesto utilizarla como cebo y control de plagas.

El 2-metilisoborneol es otra molécula con olor a tierra y humedad; su fuente es principalmente ciertas cianobacterias y algas. Es también responsable del *flavor* a corcho de los vinos mal almacenados. También está asociado a la contaminación y el olor desagradable del agua en ríos y lagos. Ambos, geosmina y 2-metilisoborneol, se acumulan en peces y cangrejos de aguas dulces, dándoles el característico olor/sabor a fango. Ambos compuestos representan un inconveniente en el tratamiento de potabilización del agua.



2-metilisoborneol

3. Aromas animales



3.1 El almizcle

El olor a «almizcle» se relaciona con la presencia de animales salvajes y es producto de la mezcla de varias moléculas. Por su aroma: dulce afrutado y amaderado, se ha explotado desde la antigüedad para perfumar lugares sagrados y se le atribuyen propiedades afrodisíacas (de hecho, al ciervo almizclero macho le sirve para atraer a la hembra durante el celo). El almizcle es una sustancia segregada también por otros mamíferos además del ciervo almizclero, entre ellos la civeta, un pequeño felino asiático y africano, la rata almizclera, etc.



Ciervo almizclero siberiano

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Moschidae>



Hierba de almizcle

Fuente: <https://es.wikipedia.org>

En perfumería es empleado como excelente estabilizador (fijador) de la esencia en el perfume, es decir, hace que el olor permanezca más tiempo, bien sea en personas o en el ambiente. El aroma del almizcle es variable; puede evocar diversas sensaciones, desde lo cálido y sensual hasta lo limpio y confortable, por eso es un ingrediente popular en la perfumería y otros productos de aseo.

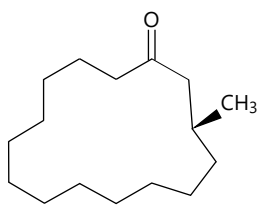
Dato curioso

Hay fijadores de origen animal como el almizcle y vegetales como la mirra, pero en todo caso hay varias teorías de cómo una sustancia particular puede actuar como un fijador de alguna clase de moléculas. En general se trata de provocar la disminución de la tensión de vapor de la (o las) molécula(s) fragante(s) y en consecuencia, el aumento de su punto de ebullición con lo cual el aroma permanece por mas tiempo porque la molécula no pasa, rápidamente, al estado gaseoso.

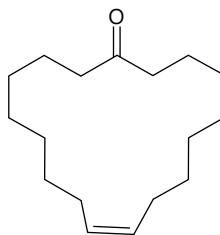
Originalmente, el almizcle corresponde a una secreción de las glándulas anales de los mamíferos almizcleros, pero también se encuentra en las glándulas debajo del pico y en la cola en ciertas aves, como en el pato almizclero de Australia y Tasmania. Se ha detectado, sin mayor información, almizcle en el perineo y la zona anal de caimanes sudamericanos.

El almizcle es un producto costoso, de composición variable, pues depende del animal productor, edad, ciclo de vida (reproductivo), método de extirpación de las glándulas para la obtención del almizcle crudo. Tradicionalmente, provenía de países de Europa del Este y Asia. Históricamente, su obtención requería el sacrificio de los animales; por tanto, se ha sustituido por productos sintéticos o por el almizcle vegetal, que se extrae de varias plantas, en especial de la «hierba de almizcle» (*Erodium moschatum*), un pariente de las margaritas, cuyo olor atrae insectos polinizadores. La composición química del almizcle animal o vegetal presenta cetonas macrocíclicas, además de piridina, esteroides, ácidos grasos, aminoácidos, péptidos y proteínas, en diferentes composiciones y proporciones.

En perfumería, es frecuente llamar al almizcle con la palabra inglesa *musk* (el nombre del ciervo almizclero). Los principales componentes químicos del almizcle de origen animal (del ciervo y de la civeta) son la muscona y civetona (ambas cetonas macrocíclicas), respectivamente, con propiedades de feromonas: marcadores de territorio y atrayentes sexuales.

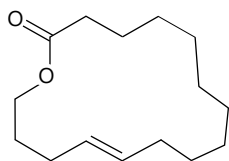


muscona (del ciervo almizclero)
macrocíclico

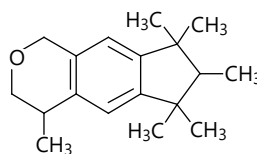


civetona (de civeta)
macrocíclico

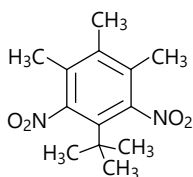
El aroma de los equivalentes sintéticos, más económicos, carece de las «notas fecales» (ver olor fecal más adelante) presentes en los almizcles de origen animal. Entre los sintéticos hay varias familias químicas: nitrogenados (*nitromusk*), policíclicos, macrociclos y alicíclicos. Algunos ejemplos se indican abajo.



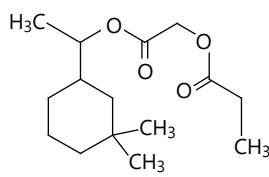
habanolido (sintético)
macrocíclico



galaxólido (sintético)
policíclico



musk tibetano (sintético)
un nitromusk



romanólido (sintético)
alicíclico

El aroma de los diferentes tipos de almizcle depende de las moléculas presentes y de su proporción. En perfumería suele usarse los sintéticos mezclados o solos. Por ejemplo, el galaxólido ($C_{18}H_{26}O$) es una molécula policíclica obtenida por síntesis química, de notas dulces y florales. Por ser un ingrediente de fragancia de larga duración, se usa con frecuencia en productos para la limpieza para el hogar, pero el inconveniente es que termina en las aguas residuales y de ahí, en las vías fluviales con la consecuente contaminación del ambiente, al no poder ser eliminado en las plantas de tratamiento.

Otro producto sintético es el habanolido: ($C_{15}H_{26}O_2$) elaborado industrialmente por procesos quimioenzimáticos. Es una lactona macrocíclica cuya fragancia se caracteriza por su calidez, potencia y elegancia y un aroma residual metálico que recuerda a ropa recién planchada [12].

Muchos de los almizcles nitrogenados, conocidos como nitroalmizcles (ej. musk tibetano) y policíclicos (ej. galaxólido), están prohibidos en Europa por su toxicidad medioambiental y humana, a diferencia de los almizcles macrocíclicos, a los cuales no se les ha determinado hasta ahora, toxicidad y por ello ha aumentado su consumo. Téngase siempre presente que *todas las sustancias químicas independientemente de su origen: natural o sintético, pueden ser potencialmente dañinas en determinadas concentraciones y condiciones de uso.*

3.2 El ámbar

Aquí hay que diferenciar el *ámbar* «amarillo» del ámbar «gris». El primero es una resina fósil, una macromolécula insoluble, sin olor, de origen vegetal producido por algunas coníferas y leguminosas, cuyo color va desde amarillo claro hasta marrón. Este ámbar es fundamentalmente utilizado en orfebrería como «piedra» semipreciosa.



Ámbar gris

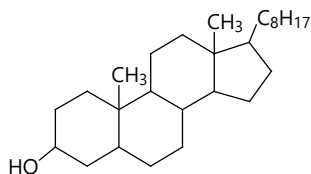
Fuente: [https:// www.nhm.ac.uk/discover/social-lives-of-whales](https://www.nhm.ac.uk/discover/social-lives-of-whales). Foto del National History Museum London.



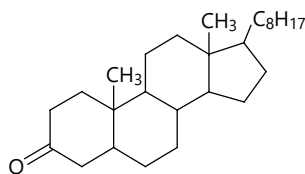
Ámbar (amarillo) de Chiapas

Fuente: *Diario del Sur*.
Foto Agro Cultura Mexicana

El *ámbar gris* es una resina de color gris-marrón de origen animal que flota en el mar. Se produce en el tracto digestivo de cachalotes, de olor fuerte fecal desagradable (característico olor a excremento) cuando está fresco, pero cambia a dulzón en muestras viejas. En 1946, L. Ružička y F. Lardon anunciaron que el ámbar gris tiene tres componentes principales: ambreína, responsable de los olores dulces, coprostanol y coprostanona, responsables del olor fecal.



coprostanol

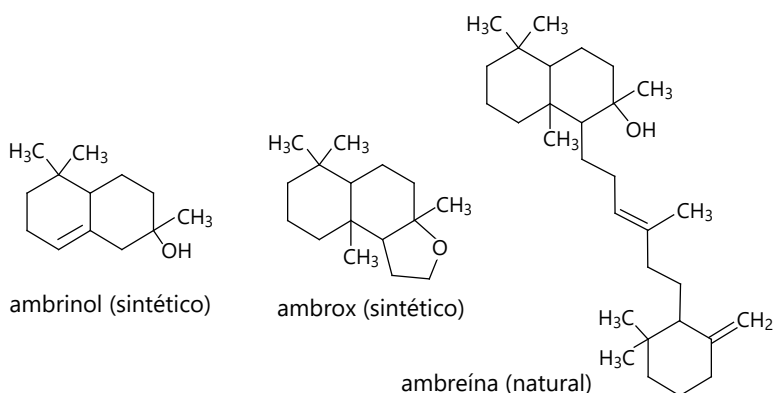


coprostanona

La ambreína tiene un aroma suave, pero al oxidarse produce componentes más aromáticos y aprovechables: ambróxido (ambrox, ambroxán) y ambrinol, ambos con propiedades fijadoras de aromas. Los sintetizados por vía química, diferente a la oxidación de la ambreína natural, se utilizan en perfumería.

El ámbar gris de origen natural está en desuso por su alto costo, debido a la dificultad de localizarlo; ello dio lugar a la síntesis del ambróxido, conocido también como ambrroxán o ambrox, a veces utilizado en la industria alimentaria.

El ambróxido sintetizado a finales de los años 60 tiene un aroma complejo que algunos perciben como un aroma a piel, mientras que otros lo encuentran parecido a la salvia



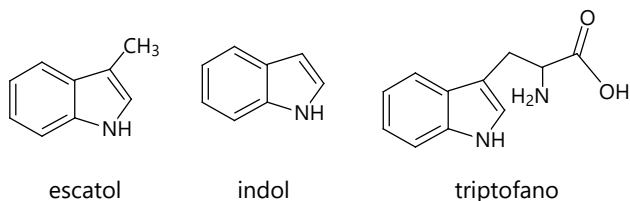
(*Salvia officinalis*) o incluso lo asocian a un aroma metálico. De hecho, la ambrein, su precursor natural, se encuentra en el aceite de salvia, y según la propaganda, es el ingrediente que le da *ese toque de sensualidad* a los perfumes.

Dato curioso

Algunas personas presentan una variación genética que les impide percibir el aroma del ambroxán, aunque sí pueden detectar otras fragancias.

3.3 El olor fecal. Escatol

Se conoce que el olor de las heces puede variar según la dieta, la salud intestinal y el metabolismo. Se debe principalmente a la descomposición por bacterias intestinales de las proteínas y otros componentes de los alimentos digeridos, lo que produce gases como metano (CH_4) y sulfuro de hidrógeno (H_2S), junto con varios otros compuestos, y entre ellos, los de mayor contribución al olor fecal son el escatol y el indol, que se originan por descomposición del triptófano, un aminoácido presente en diversos alimentos.



El escatol, en particular, tiene un olor fuerte y desagradable, a menudo descrito como «fecal» o «de corral». Se encuentra naturalmente en las heces de mamíferos y aves.

Dato curioso

Estados Unidos e Israel usan escatol en aerosoles para el control de multitudes.

Algunas flores, como el azahar y el jazmín, tienen escatol en pequeñas cantidades como componente de su perfume. En la industria cárnica, el escatol es conocido por contribuir al olor de la carne de cerdo.

La reacción humana o animal al escatol no siempre es negativa. La sustancia se utiliza en pequeñas cantidades en perfumería como fijador, y como aromatizante en los alimentos, especialmente en el helado de vainilla.

Otros responsables del olor fecal son el coprostanol y la coprostanona, productos de la transformación del colesterol por acción de la microbiota intestinal.

Dato curioso

El coprostanol se usa como detector de desechos humanos, aguas y suelos contaminados.

3.4 Animales olorosos

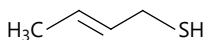
Todos los animales, como el hombre, tienen olores. Algunos animales lo utilizan como arma atractiva, es el caso del ciervo almizclero, o como arma defensiva, cuando lo expulsan en respuesta a un posible ataque, y es un olor apestoso. Esto ocurre tanto en animales superiores, por ejemplo en el mapurite o zorrillo, etc., como en insectos, por ejemplo en chinches de monte o chinches apestosas, y algunos escarabajos.

Los zorrillos y otros mamíferos conocidos como mephitidos, tienen la capacidad de expulsar un líquido en aerosol que tiene un olor fuerte y desagradable desde sus glándulas anales. El aerosol del zorrillo se compone principalmente de tres mercaptanos de bajo peso molecular (2-buten-1-tiol, 3-metil-1-butanotiol y 2-quinolinmetanotiol) que son detectables por la nariz humana cuando su concentración en el ambiente es superior a 11×10^{-9} g/L.

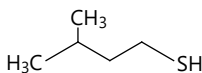


Mofeta rayada (*Mephitis mephitis*), también conocida como zorrillo o mapurite.

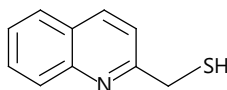
Fuente: [Wikipedia](#)



2-buten-1-tiol



3-metil-1-butanotiol

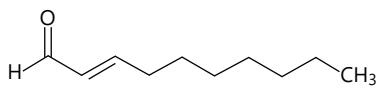
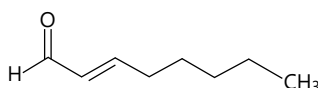


2-quinolinmetanotiol

*Halyomorpha halys*

Fuente: (Isabel Pujadas, Servicio de Sanidad Vegetal, Generalitat de Cataluña). Noticias de actualidad, junio 2022.

Los insectos olorosos, o «chinchas apes-
tosas», entre las cuales está la *Halyomorpha
halys*, una chinche marrón jaspeada, disper-
san un olor desagradable cuando se sienten
amenazados, como mecanismo de defensa.
Este olor proviene de glándulas especiales en
su abdomen. Las sustancias responsables del
olor son trans-2-octenal (con notas cítricas
y afrutadas) y trans-2-decenal (de olor pene-
trante, dulce y ligeramente mohoso), y son los
principales aldehídos de alarma responsables
del olor nauseabundo de la chinche.

*trans*-2-decenal*trans* 2-octenal

Dato curioso

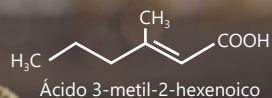
Aunque no hay pruebas definitivas, estos aldehídos son antifúngicos y ofrecen un efecto antide-
predador y protector del insecto [13].

Otros insectos olorosos son los coleópteros del género *Calosoma*, que producen una se-
creción maloliente que contiene compuestos de azufre, y las orugas de algunas mariposas
de la familia Papilionidae, que emiten compuestos olorosos por un órgano llamado **osme-
terio**. Se asume que utilizan la secreción como defensa frente a
depredadores. En las larvas de las mariposas se han detectado los
ácidos butírico e isobutírico ($C_3H_7CO_2H$) y sus ésteres metílicos
como responsables del olor, además de algunos terpenos como
el α -pineno (fórmulas más adelante, (Sección 5.1).

*Calosoma sycophanta* L.

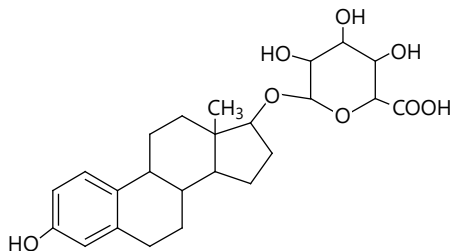
Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/
commons/d/d4/Calosoma_sycophanta_L._-_
ZooKeys-245-001-g009.jpeg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Calosoma_sycophanta_L._-_ZooKeys-245-001-g009.jpeg)

4. El olor corporal

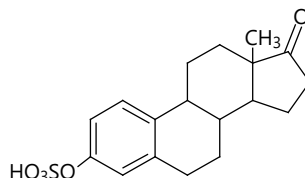


Es sin duda conocido que todos no olemos igual y se asocia el olor que emanamos con las sustancias ingeridas (alimentos y medicamentos), la fisiología, la edad, la actividad y el estado de salud de cada individuo. Aún se asocia a la especie humana y hay la tendencia a establecer que el olor depende del color de la piel. No obstante, *no existe evidencia científica que respalde la existencia de un olor que distinga las etnias*.

Sin embargo, se registra que las variaciones genéticas negros y caucásicos tienen un fuerte olor axilar, a diferencia de los asiáticos con poco olor axilar; y ello se debe a diferencias genéticas, relacionadas con el gen ABCC11, que parece estar involucrado en el transporte de estrógenos como el sulfato de estrona y el glucurónido de estradiol, responsables fisiológicos del olor axilar [14].



glucorónido de estradiol



sulfato de estrona

No obstante, no se trata de analizar los casos particulares de los efluvios corporales, sino de tener una visión general de los olores que desprendemos. Cada persona tiene un olor único que emana de su piel, sobre el cual no actúan ni la limpieza ni el perfume, y es fundamental para sus relaciones sociales.

El cuerpo puede emitir sustancias olorosas (odorantes) a través del aliento, la saliva, el sudor, la piel, la orina, las heces y los fluidos de los órganos reproductivos, que generalmente responden a olores ofensivos. *Bromhidrosis* es un término genérico aplicado al mal olor corporal.

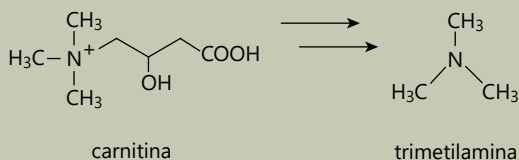
4.1 Moléculas responsables del olor humano

Pueden producirse en el órgano emisor (por ejemplo, en la cavidad bucal) o ser transportados por la sangre hasta el órgano excretor. En el organismo, las moléculas odoríferas se originan por degradación de otras moléculas, bien sea a través del metabolismo propio del individuo o por agentes externos: la microbiota que acompaña al individuo. En la **Tabla 2** se reseñan varias moléculas odoríferas, producto de la actividad bacteriana, detectadas en ciertos sitios del cuerpo humano y su relación con olores conocidos.

En general, las moléculas odoríferas responsables del olor humano, independientemente de su origen, se derivan de estrógenos (ver arriba), ácidos grasos de cadena corta y sus derivados ramificados e hidroxilados, moléculas con azufre, compuestos nitrogenados: aminoácidos de bajo peso molecular y aminas provenientes de aminoácidos, amoníaco, además de aldehídos y cetonas.

Dato curioso

La trimetilamina en humanos se origina por descomposición bacteriana de la carnitina, un aminoácido que transporta ácidos grasos de cadena larga al interior de la mitocondria. La presencia de trimetilamina puede provocar olor a pescado en descomposición si la persona sufre de *trimetilaminuria*, que es un trastorno genético hereditario en el cual disminuye la capacidad del cuerpo para descomponer la trimetilamina.



Se han identificado varios grupos de bacterias aeróbicas y anaeróbicas implicadas en el mal olor de la piel que, gracias a la grasa cutánea, la descamación del estrato córneo y la temperatura de la piel, actúan además como un escudo a la penetración de microorganismos infectantes [16].

Se conoce que hay varias zonas del cuerpo con olores peculiares y también que son más notorios en casos de *hiperhidrosis*, es decir, de sudoración excesiva. A continuación, un pequeño resumen de cada caso.

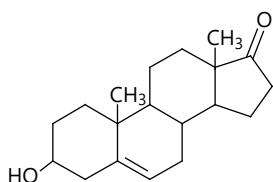
Tabla 2. Olores del cuerpo producto de la actividad bacteriana [15].

<i>Moléculas responsables</i>	<i>Olor asociado</i>	<i>Emanación</i>
Sulfuro de hidrógeno	Huevos podridos	Aliento, saliva, flatos, orina
Etanotiol, tioacetato de etilo, disulfuro de dietilo, sulfuro de dimetilo	Cebolla o verduras cocidas, olor mohoso, dulzón	Aliento, saliva
Metanotiol	Pútrido, olor a corral; olor a humedad	Aliento, saliva, flatos, orina
Trimetilamina	Pescado podrido	Aliento, orina, sudor
Indol, escatol	Materia fecal	Aliento, saliva, zona anal, heces
Ácidos grasos de cadena corta (ácidos butírico, propiónico, isovalérico, isocaproico)	Vómito humano, sudor, olor a cabra, pies sudorosos; olor a queso	Sudor, orina, flujo vaginal
Putrescina, Cadaverina	Carne podrida, pescado en mal estado	Aliento, saliva, fluido vaginal
Acetona	Acetona, olor afrutado de manzana podrida	Aliento
Piridina	Olor dulzón a pescado	Aliento, saliva
Ácido 3-metil-2-hexenoico	Olor penetrante peculiar grasa rancia	Sudor
3-metil-3-sulfanilhexan-1-ol	Guayaba, parchita, cebolla, salvia esclarea, pollo en mal estado	Sudor
Ác. 3-hidroxi-3-metilhexanoico	Olor rancio y a queso	Sudor
Amoníaco	Olor a orina parecida a amoníaco, fétida	Aliento, saliva, orina, heces, sudor
Trimetilamina	Pescado en mal estado	Aliento, sudor, orina
Acetato de fenilo	Mohoso, tímido y sudoroso	Orina, piel del bebé
Aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina)	Jarabe de arce, azúcar caramelizado/quemado, fenogreco, curry	Orina, cera del oído
Ácido 3-hidroxiisovalérico	Orina de gato macho	Orina
Aldehídos (2-nonenal)	Parecido a la orina	Orina, piel

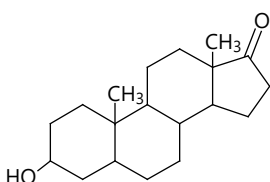
4.1.1 El sudor y olor de la piel

Comencemos por el sudor, que aunque se suele señalar como la raíz del mal olor de nuestro cuerpo, tiene por beneficio la función de regular la temperatura corporal. El sudor es segregado por las glándulas sudoríparas de la piel, y se expulsa a través de los poros. Su componente principal es el agua y contiene un porcentaje bajo (aprox. 1 %) de sal, amoníaco, sales de calcio y de otros minerales (electrolitos) y cantidades aún menores de moléculas orgánicas, pero este líquido no huele.

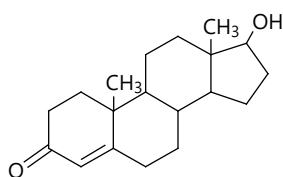
Hay tres tipos principales de glándulas sudoríparas humanas: apocrinas, ecrinas y apoequinas (mixtas). Las ecrinas producen grandes cantidades de sudor que contienen principalmente agua y electrolitos. Están en toda la superficie del cuerpo; las glándulas apocrinas se encuentran principalmente en las regiones axilar, perineal, genital y alrededor de los pezones, y todas se activan después de la pubertad. El sudor apocrino contiene cantidades relativamente altas de *andrógenos* (inductores de la aparición de los caracteres sexuales secundarios), como son deshidroepiandrosterona, androsterona y testosterona, y de derivados del estradiol y de la estrona (ver arriba); los últimos son los principales compuestos olorosos en las axilas. Además, contribuyen al olor ácidos grasos de bajo peso molecular, hidroxilados o ramificados, siendo los importantes 3-metil-2-hexenoico y 3-hidroxi-3-metilhexanoico. También presenta compuestos con azufre que intervienen en el olor y entre ellos está el 3-metil-3-sulfanilhexan-1-ol.



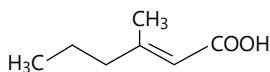
deshidroepiandrosterona



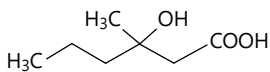
androsterona



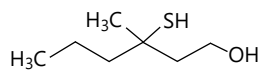
testosterona



ác. 3-metil-2-hexenoico



ác. 3-hidroxi-3-metilhexanoico



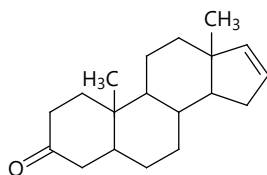
3-metil-3-sulfanilhexan-1-ol

Los ácidos grasos de cadena recta larga, típicos de las grasas, como el palmítico (C16) o el esteárico (C18), no contribuyen al olor del sudor, pero sí lo hacen los de cadena corta como el butírico (C4), valérico (C5), caproico (C6), con olores más intensos que los ácidos grasos de cadena larga, pero menos que los de cadena ramificada como el isovalérico (C5), muy oloroso. A los ácidos grasos de cadena corta se les atribuye el leve olor axilar agrio y ácido.

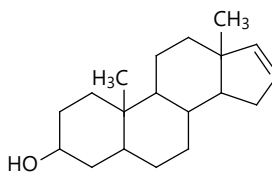
Sin embargo, la secreción de ácidos grasos poco o no olorosa, se vuelve olorosa después de la descomposición causada por microorganismos como *Micrococcaceae* y *Propionibacteria*, habitantes usuales de la superficie de la piel, que los transforma en aldehídos, cetonas y lactonas de bajo peso molecular. Así mismo, en el olor de los pies sudorosos, las moléculas responsables se producen por la descomposición del sudor emitido por las glándulas sudoríparas e incluyen la degradación de ácidos grasos.

En general, la naturaleza de la microflora es propia de cada individuo que la hospeda y cada especie de la microflora crea su propio aroma; por ejemplo, el género *Corynebacterium*, que domina en las axilas masculinas, convierte a las grasas en algo que huele a cebolla y a la testosterona en algo que huele a vainilla u orina. La humedad y el calor de las axilas y otros pliegues de la piel los hacen lugares ideales para el desarrollo de bacterias y hongos que atacan el expulsado de las glándulas apocrinas inodoro, para ser convertido en un líquido oloroso.

El olor corporal masculino se asocia con la testosterona, aunque esta no tiene olor, pero sus derivados metabólicos, como el androstenol, deshidroepiandrosterona y androstenona, pueden contribuir a un olor característico en el sudor masculino, a menudo descrito como almizclado. Se las considera componentes de las feromonas masculinas.



androstenona



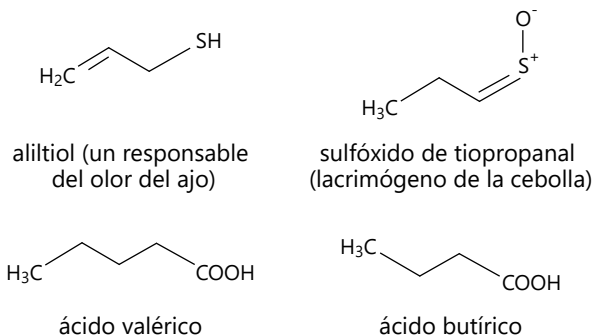
androstenol

4.1.2 La halitosis

Es una afección caracterizada por mal olor bucal causado por bacterias anaeróbicas en la cavidad oral. Las sustancias predominantes en el aliento son compuestos volátiles de azufre como sulfuro de hidrógeno (H_2S) etanotiol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$), tioacetato de etilo, ($\text{CH}_3\text{COSC}_2\text{H}_5$), disulfuro de dietilo, ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SSC}_2\text{H}_5$), sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3) y metanotiol (CH_3SH). Además, el indol y el escatol pueden contribuir al mal aliento.

No hay que descartar a las moléculas odoríferas que provienen de la ingesta de ciertos alimentos como ajo y cebolla, que aportan moléculas con azufre como el aliltiol (ajo) o el sulfóxido de tiopropanal (cebolla). Otros componentes del olor bucal son el ácido valérico ($\text{C}_4\text{H}_9\text{CO}_2\text{H}$), y el ácido butírico ($\text{C}_3\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$) con sus aromas típicos de grasas rancias, que se perciben tras la ingesta de mantequilla, queso o grasas de diversas clases.

Su aporte como productos del metabolismo propio del individuo es escaso y por ello, contribuye muy poco con el olor del aliento cuando no hay ingesta de sustancias grasas.



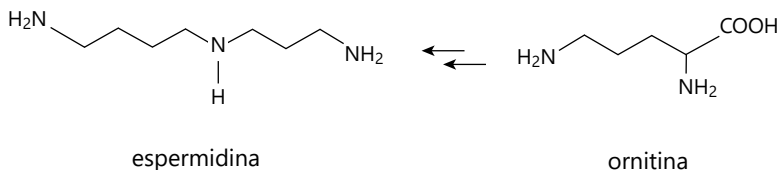
A veces el mal aliento no se origina de los productos de metabolismo de las bacterias bucales, sino que puede resultar de problemas de salud, por ejemplo el olor del aliento a acetona que aparece en pacientes con *cetoacidosis diabética*, afección que se produce cuando la producción de insulina en el cuerpo es baja.

En fin, la halitosis también puede ser producto de funciones metabólicas congénitas, o de afecciones gastrointestinales o respiratorias del individuo.

4.1.3 La región anogenital y urogenital (perineal)

Por ser una zona particularmente sensible a infecciones, los principales causantes de los olores son las bacterias presentes. Las moléculas asociadas al olor de esa zona son las hormonas indicadas arriba, además de compuestos indólicos (como escatol), esteroides (como coprostanol), típicos de las heces (ver arriba) y el amoníaco, producto de la descomposición de urea, presente en la orina.

Un constituyente del olor del semen humano es la espermidina, que proviene del metabolismo del aminoácido ornitina.



4.2 El factor edad

Se ha indicado que con la edad el individuo huele diferente. Sin mencionar los olores de las deposiciones del bebé, los recién nacidos no tienen un olor distintivo, pero se describe con frecuencia como dulce y reconfortante porque activa las áreas del cerebro relacionadas con el placer y el vínculo materno-infantil.

Dato curioso

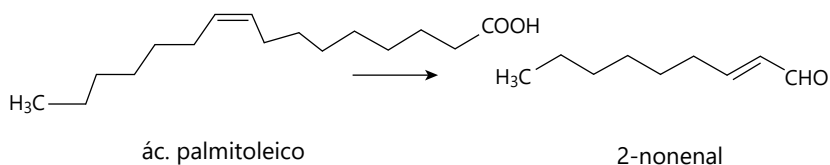
En el feto, el olfato empieza a desarrollarse desde muy temprano en el útero; es así como se piensa que también los bebés pueden reconocer a la madre por su olor.

Se asume que el olor de los recién nacidos se debe al *líquido amniótico* y al *vérnix caseoso*: la capa blanca y cerosa que protege la piel del feto en el útero en el último trimestre del embarazo y durante el parto, por lo que puede estar presente en el recién nacido. El vérnix está constituido por agua, lípidos, proteínas y enzimas, con propiedades antimicrobianas. Normalmente, se elimina con el primer lavado, después de unas 24 horas, pero el olor puede persistir en el cabello y la piel del bebé hasta 6 semanas. A medida que la edad del bebé avanza, aparecen en su olor notas lácteas, que emergen de la dieta del niño.

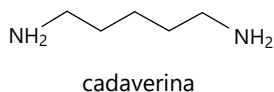
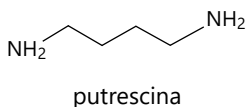
En los recién nacidos, las glándulas sudoríparas no están desarrolladas y la flora bacteriana es baja: los recién nacidos y los niños sanos menores de 8 años no suelen tener olores corporales perceptibles, pero al aproximarse a los 12 años, comienzan los olores que señalan el *inicio de la pubertad*.

Los cambios hormonales, que ocurren con la pubertad y el embarazo, causan cambios en los olores corporales por la producción de hormonas sexuales e inducen la activación de las glándulas sudoríparas y sebáceas. Los *Staphylococcus* convierten las grasas en ácidos de bajo peso molecular: acético, 3-metilbutanoico, responsables del olor agrio de los adolescentes.

A medida que se avanza en la edad, cambia la composición de los ácidos grasos de los lípidos presentes en la superficie de la piel, debido a la degradación conjunta de estos lípidos y del sebo constituido por triglicéridos, ceras, escualeno y ácidos grasos libres, que son liberados por las glándulas sebáceas, distribuidas en casi toda la piel. Ello genera el característico aroma a *humanidad*. Con el avance de la edad disminuye la producción de antioxidantes como el escualeno en las células cutáneas, y ello desencadena un aumento de reacciones de oxidación de los ácidos grasos insaturados, en especial de los w-7 (llamados así por la posición del doble enlace a 7 átomos del metilo terminal de la cadena, por ejemplo en el ácido palmitoleico o en el ácido vaccénico). Tal oxidación da lugar a la formación del 2-nonenal, responsable del *olor a viejo* [17].



Otro factor que contribuye con el olor de ancianos es la acumulación de células muertas en la piel, que favorece el crecimiento de las bacterias productoras de olores, posiblemente a través de la descomposición de proteínas, las que a su vez, generan aminoácidos y estos degeneran en aminas y, en extremo, la cadaverina y la putrescina, que son al final las responsables del *olor a muerto*.



4.3 Metabolopatía

Ciertos olores corporales tienen su origen en el metabolismo y a veces representan enfermedades congénitas que se originan por el bloqueo de algún proceso metabólico. Ello se conoce como *metabolopatía*. Tal es el caso de la *cetoacidosis diabética*, mencionada arriba, producida por acumulación de cetonas que derivan de la oxidación de ácidos grasos libres y de la desaminación de aminoácidos. Otro ejemplo es la *fenilcetonuria* (incapacidad de metabolizar la fenilalanina), que origina un fuerte olor a humedad en aliento, orina y piel. La *trimetilaminuria* o síndrome del olor a pescado, es provocada por la incapacidad de metabolizar la trimetilamina, lo que confiere un fuerte olor a pescado en orina, sudor, aliento y secreciones vaginales. Los primeros síntomas de estas afecciones suelen aparecer en la infancia [18-20].

5. Los olores de la cocina



Los aromas que evocan sabores tradicionales como vainilla, chocolate, canela, limón, naranja y café están generalmente asociados a los alimentos y sus condimentos. A veces también expresan el tipo de cocción. Los responsables de los aromas, en general, son como en otros casos, mezclas de varios componentes. Aquí revisaremos las moléculas odoríferas individuales más frecuentes.

5.1 Las especias

Las especias, que se utilizan como saborizantes en una receta para darle ese toque peculiar que aumenta el deseo del consumo, son casi siempre productos donde predomina un determinado compuesto químico. Pueden formar parte de un ingrediente principal de la receta, por ejemplo el limón en un pie de limón, o puede ser solamente un ingrediente secundario de la receta, por ejemplo la pimienta. Además, los saborizantes comerciales (por ejemplo, el curry) o las hierbas aromáticas (por ejemplo, el cilantro) pueden tener varios constituyentes que aportan su olor al condimento.

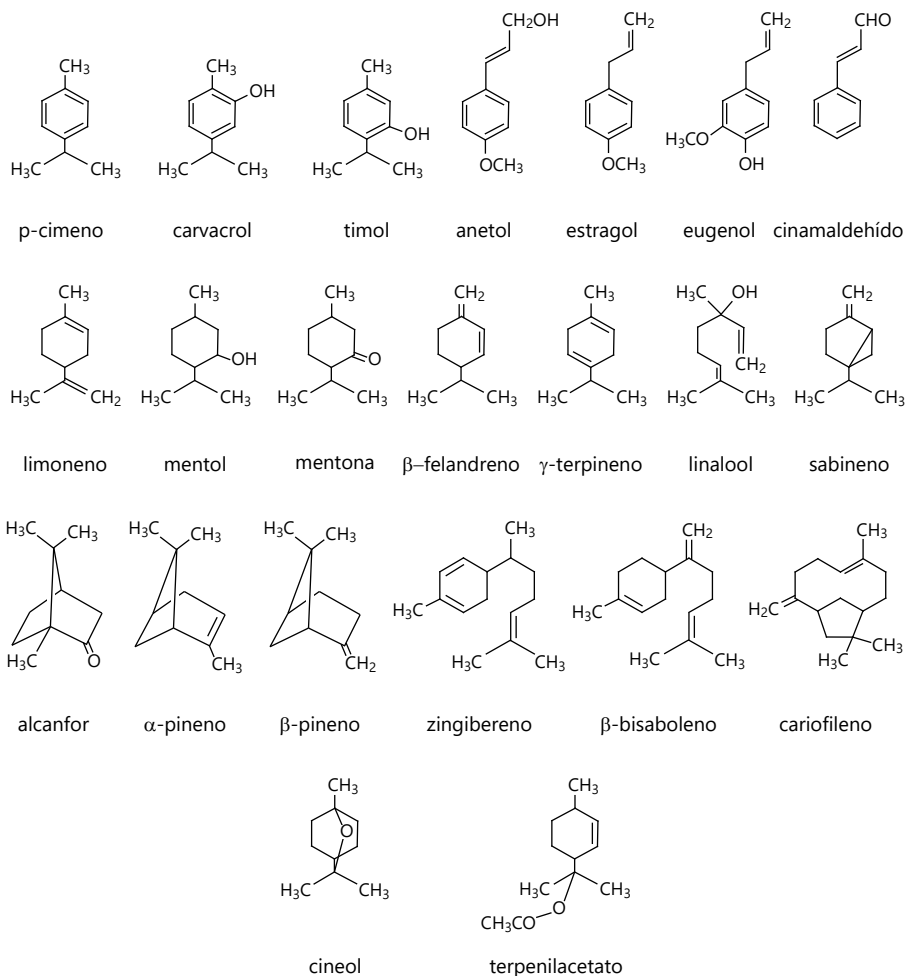
Los aceites esenciales son constituyentes químicos de las especias. Cada aceite esencial identifica una especia. Es frecuente confundir el concepto de *aceite esencial* (una mezcla de varias moléculas) con un componente particular del aceite. Así se identifica al limoneno (una molécula) como un «aceite esencial» asociado al sabor del limón, pero al aroma del aceite de limón lo aportan varias otras moléculas. Teniendo esto en mente, usaremos el término aceite esencial como genérico de las moléculas particulares que contribuyen al olor de las especias.

Note que las especias contienen varios aceites esenciales (varias moléculas) en diferente proporción y la composición química de cada especia depende del cultivar de la fuente vegetal, variedad, ambiente, cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, etc., en fin, del manipuleo.

Los aceites esenciales, que también son constituyentes primarios de los perfumes, están principalmente en las hojas y flores y son los compuestos representativos del olor de los condimentos usuales como orégano, comino, romero, perejil, etc. En la **Tabla 3** se reseñan, para algunas especias comunes añadidas como tales durante la actividad culinaria, la composición aproximada de su aceite esencial en el vegetal fresco y los constituyentes principales del mismo. A continuación, se representan las fórmulas de los constituyentes.

Tabla 3. Aceites esenciales (y sus productores) utilizados en alimentos [21]

<i>Aceite (% en el vegetal)</i>	<i>Parte usada</i>	<i>Constituyentes mayoritarios (% en el aceite)</i>
Anís (2-3)	fruto maduro	anetol (80-90) estragol (1-6)
Canela (1-2)	corteza	cinamaldehído (70-90) eugenol (1-5)
Clavo (15-20)	flores (secas)	eugenol (70-90) cariofileno (3)
Jengibre (2-35)	rizoma (seco)	zingibereno (35) felandreno (8)
Limón (0,1-3)	corteza del futo	limoneno (60-80) β -pineno (8-10) γ -terpineno
Menta (1-3)	hoja	mentol (30-50) mentona (15-35)
Romero (1-2)	hoja	cineol (15-44) α -pineno (10-25) alcanfor (10-20)
Tomillo (0,5-2,5)	hoja	timol (40) p-cimeno (30) linalool (7) carvacrol (1)
Laurel (variable)	hoja	cineol (33.3) α -pineno (11.0) α -terpenil acetato (14.4) sabineno (8.8)
Pimienta (variable)	fruto maduro	cariofileno (10) limoneno (2) sabineno (1)



Hay que tener en cuenta que son moléculas pequeñas, volátiles (por eso tienen olor), poco estables, se descomponen con el tiempo y el calor. Su volatilidad hace que abandonen fácilmente el material del cual provienen. Por ejemplo, el olor de hojas frescas del laurel es diferente al de sus hojas secas, o la salvia conservada en la alacena por varios días pierde el olor típico de la recién cosechada.

Además, debemos considerar que los aromas que percibimos son el resultado de la combinación de varias moléculas, entre las cuales están las que contribuyen al olor, pero aun entre estas últimas, algunas están en mayor concentración y se les designa como «causantes principales del olor» (**Tabla 3**). Por ejemplo, el limoneno es el principal responsable del aroma de los cítricos, aunque se encuentre junto a otras moléculas odoríferas que también contribuyen al aroma de los cítricos.

Que una determinada molécula de olor (o su aceite esencial) sea característica de un vegetal particular, no significa que solo se encuentre en ese vegetal. Por ejemplo, en el aroma de las rosas interviene el limoneno junto con varias moléculas más.

Dato curioso

Hay más de 300 compuestos químicos en diferentes proporciones que contribuyen a la fragancia de las rosas y dependen de la variedad botánica y del cultivo. Entre los integrantes del aroma está el geraniol, típico olor de otra flor: el geranio. Algunos de los componentes del aroma de las rosas pueden ser desagradables si se perciben aislados; es el caso del escatol.

Otra consideración sobre los aceites esenciales naturales es que las plantas son organismos vivos y por tanto tienen metabolismo propio y éste puede sufrir modificaciones dependiendo de la variedad del cultivo (no todas las rosas huelen igual), de las condiciones ambientales, que para las plantas significa condiciones de cultivo, la edad del vegetal en la cosecha, las condiciones de almacenamiento del material cosechado, etc., aparte de las variedades de la misma especie, por ejemplo se reseñan unas 60 variedades de pimienta (*Piper nigrum*) que presentan ligeros cambios en su aroma.

5.2 El olor del tostado

Mucho podía hablarse del olor a «tostado» / «asado», pero ello depende del material sometido al calor. No es lo mismo el olor que se percibe al tostar café o cuando se asa carne o pescado. Depende además de la temperatura: el agradable olor del pan recién horneado es diferente al desagradable olor del pan quemado. En todos asoman los compuestos volátiles del material que se está tostando (por ejemplo, el olor a vainilla durante el horneado de tortas y galletas) y el de las moléculas odoríferas que se generan durante el calentamiento.

Los aromas tostados están relacionados con compuestos heterocíclicos como furano, pirroles, pirazinas, tiazoles y oxazoles. A medida que el tostado es más intenso, aumenta la presencia de tiazoles y pirazinas.



furano



tiazol



pirrol



oxazol



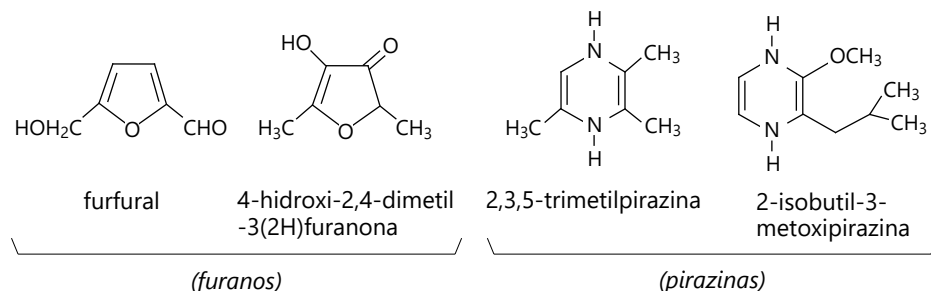
pirazina

5.2.1 Café

Los granos de café por sí solos no tienen olor. Su aroma se desarrolla durante la torrefacción (método de tostado), en la cual los procesos químicos que abarcan reacciones de degradación de azúcares, aminoácidos, compuestos fenólicos, lípidos, etc., producen moléculas odoríferas. Al aroma contribuyen las interacciones entre los productos degradados, como ocurre en la reacción de Maillard (reacción entre azúcares y aminoácidos)

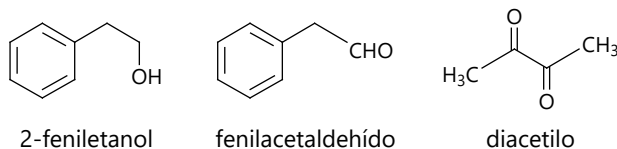
[21], que produce moléculas en cuya estructura están presentes anillos de furano y de pirazina: los principales responsables del olor del café.

Los furanos (furfural, furanonas) aportan sabor a caramelo (*recordar que el sabor-flavor- es la combinación del gusto y el olor*) y las pirazinas contribuyen al sabor tostado. Hay que tener en cuenta que los diferentes métodos de procesamiento del café pueden producir perfiles de sabor muy distintos, pero también las variedades de la cosecha, todo el tratamiento poscosecha y el método usado para producir la infusión de café, aportan al sabor y olor final del café que se consume.



5.2.2 Chocolate

Por su parte, se asume que el olor del chocolate tiene más de 600 componentes, tanto provenientes de la variedad del cacao (origen botánico y geográfico de los granos), de su procesamiento (lavado, fermentado, tostado, secado, etc.) y de los agregados añadidos en la fabricación del chocolate. Sin embargo, hay muchos otros factores que contribuyen a la composición de las fracciones volátiles del cacao y, en general, dependen del procesamiento relacionado con la marca del producto a consumir. Varios compuestos presentes en los granos de cacao sin tostar también se identificaron tentativamente en los chocolates; entre los ácidos, el acético ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$), isobutírico ($(\text{CH}_3)_2\text{CHCO}_2\text{H}$), alcoholes como el 2 feniletanol, y heterociclos como tetrametilpirazina. Durante el procesamiento de los granos, la reacción de los azúcares y los aminoácidos provoca la típica reacción de Maillard, originando diacetilo, compuestos heterocíclicos (pirazinas, pirroles, furanos y tiazoles, oxazoles), fenilacetaldehído, cetonas, ésteres, alcoholes y fenoles, además de productos de polimerización.



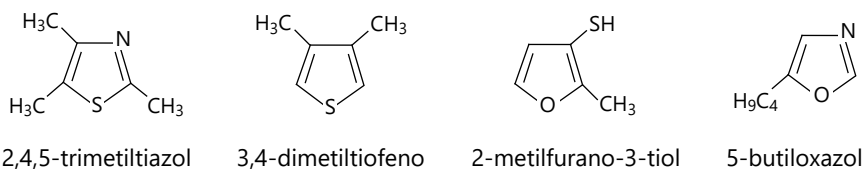
5.2.3 Carne

El sabor de la carne que se desarrolla durante la cocción a partir de la compleja interacción de los precursores: los componentes grasos y magros de la carne y los diferentes

orígenes (por ejemplo, ternera, cerdo, cordero, pollo, etc.) tienen sus propios sabores distintivos. Las carnes a la parrilla o asadas tienen notas aromáticas características del asado, que difieren de los aromas asociados con la carne hervida o guisada [22].

El olor a carne cocida está vinculado con la incorporación de azufre en sistemas de anillos heterocíclicos (por ejemplo, tiazoles, tiofenos, etc.) y generalmente relacionado con el procesamiento del asado donde se utiliza alta temperatura, con lo cual se degradan los azúcares y aminoácidos (reacción de Maillard). Está citado en unas 130 publicaciones que hay más de mil compuestos volátiles diferentes en el sabor de la carne cocida.

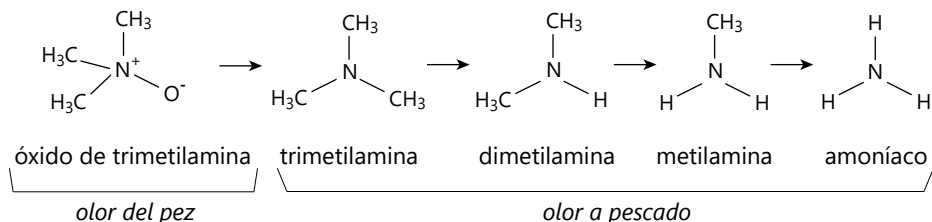
Entre los diferentes compuestos de azufre (se ilustran solo algunos compuestos sencillos) responsables del aroma de la carne asada, el 2-metilfurano-3-tiol es un poderoso contribuyente, como lo es el 2,4,5-trimetiltiazol. Otro participante es el 3,4-dimetiltiofeno. El producto sintético se introdujo recientemente como ingrediente aromatizante en productos cárnicos. El 5-butiloxazol es un ingrediente de olor del tocino [23].



Sería imposible abordar cada una de las moléculas presentes en los alimentos, no solamente por la enorme presencia de moléculas odoríferas propias de cada alimento, en el cual, como se ha indicado, hay múltiples factores involucrados en las materias primas, sino además de las sustancias añadidas o producidas durante la elaboración del producto que se consume.

5.3 El olor del pescado

En los organismos vivos, ciertas moléculas cumplen funciones específicas; por ejemplo, el óxido de trimetilamina actúa en los peces como regulador de la ósmosis, es decir, regula el proceso por el cual el organismo mantiene el balance agua - electrolitos y evita la deshidratación. Al morir el pez, este compuesto pierde oxígeno y desencadena una secuencia de moléculas odoríferas que caracterizan el olor de las pescaderías. El olor incrementa a medida que el pescado se descompone y el último odorante es el amoníaco, típico del pescado podrido.



6. Detección de aromas



cromatografía de gases-olfatometría

El método clásico para la detección de aromas es la evaluación sensorial, que se define como la *respuesta fisiológica basada en la observación y evaluación del sabor, aroma, apariencia, textura y sonido de un elemento o compuesto utilizando la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído*. En el caso de los aromas interviene el sentido del olfato y su determinación está a cargo de personas especialmente entrenadas: «los catadores», que evalúan las características de un olor en condiciones controladas.

Aunque la nariz del catador esté altamente entrenada, es imposible que pueda cuantificar los componentes individuales del aroma; solo podrá eventualmente predecir cuál (o cuáles) es el mayor contribuyente al olor global de la muestra bajo estudio. Evidentemente, si solo se cuenta con catadores, el análisis del aroma resulta incompleto y además está sujeto a un componente psicológico importante.

En el análisis de olores, que se refiere a la *identificación y medición de compuestos volátiles presentes en diversas sustancias* como alimentos, bebidas o incluso en el medioambiente, se emplean técnicas adicionales a la intervención humana.

Las técnicas cromatográficas con sistemas de detección universal como la tradicional cromatografía de gases (CG) o la cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC, por sus siglas en inglés: **H**igh **P**erformance **L**iquid **C**hromatography), acopladas a un espectrómetro de masas (CG-MS / HPLC-MS), han sido por largo tiempo aplicadas al análisis de los constituyentes propios o agregados en los alimentos, que incluyen los compuestos odoríferos. Estos métodos, sin embargo, por muy precisos que sean, no permiten distinguir

las moléculas odoríferas. Solamente en el mejor de los casos y disponiendo de una base de datos (o «biblioteca») que contenga la información de los ingredientes frecuentes (o esperados) en el tipo de producto bajo análisis, permite la identificación y cuantificación de los componentes del producto.

La integración de técnicas cromatográficas y de análisis sensorial se conoce como *cromatografía de gases-olfatometría* (GC-O), y permite la separación, identificación y cuantificación de los compuestos mediante la incorporación de un evaluador humano, el catador, quien reconoce las moléculas odoríferas presentes entre los integrantes que han sido aislados, identificados y cuantificados por las técnicas cromatográficas.

Esta técnica es crucial para garantizar la calidad de los productos y para evaluar la contaminación del aire; además, es empleada en estudios funcionales del sentido del olfato. Se utiliza en el control de calidad, por ejemplo, en la industria alimentaria, en la cata de vinos, en la diferenciación del origen del café o de las variedades botánicas presentes en el café o compuestos provenientes del procesamiento del grano (incluso tratándose de mezclas de las mismas variedades), en los aceites comestibles de diferentes orígenes, etc., [24].

Para obviar la intervención humana teñida de componentes psicológicos y fisiológicos del catador, se utiliza en su lugar la *nariz electrónica*, que es un sistema electrónico cuya finalidad es detectar los compuestos orgánicos volátiles que forman parte de una muestra olorosa y es capaz de reconocer y comparar olores individuales o complejos. Es un instrumento dotado de sensores químicos que reaccionan frente a diferentes compuestos volátiles, generando una señal eléctrica única para cada olor, asociado a un programa quimiométrico de reconocimiento de modelos que están en la base de datos que contiene información sobre las moléculas esperadas en los productos bajo análisis [25,26, 27].

La nariz electrónica imita de manera muy simplificada el principio del sistema olfativo de los mamíferos. Está constituida por un sistema de adquisición de datos, uno que recolecta y procesa las señales de los sensores y un sistema de reconocimiento de patrones, que analiza y clasifica los olores. Tiene como ventaja la de contar con sensores que tienen mayor sensibilidad que el olfato humano, rapidez y ausencia de la subjetividad humana y con ello la reducción de costos.

En perfumería se usa para asegurar que tanto las materias primas como los productos terminados tengan la composición de olor deseada, identificando desviaciones o impurezas, y detecta diferencias entre perfumes auténticos y falsificaciones.

Es particularmente útil para fines aduaneros, al que se le da el nombre de HS y se refiere al Sistema Armonizado (*Harmonized System*, en inglés). El sistema HS-MS permite obtener datos de la estructura de las moléculas, su abundancia relativa en el producto. Otra aplicación de este sistema es en el control de defectos aromáticos, conocidos como *off-flavours*, es decir, presencia de moléculas que no debieran estar presentes. Tal es el caso del «olor de corcho» en vinos, siendo uno de los responsables el 2,4,6-tricloroanisol, además del 2-metilisoborneol, indicado antes.

Así como las anteriores, hay múltiples aplicaciones de las moléculas odorantes y su detección. Este cuadernillo solo representa un resumen muy simplificado de la importancia de esas moléculas en la vida diaria.

Referencias

- [1] Holtsmark, E. Lucrecio, la bioquímica del olfato y el descubrimiento científico. *Euphrosyne: Revista de Filología Clásica*. 7-18, (1978). (<https://es.wikipedia.org/wiki/Olfato>).
- [2] Bentley, R. The nose as stereochemist. Enantiomers and odor. *Chem. Rev.* **106**, 4099-4112 (2006).
- [3] Kvittingen, L., Sjursnes B.J. and Schmid, R. limonene in citrus: a string of unchecked literature citings? *J. Chem. Ed.* **98** (11), 3600-3607 (2021). [Doi: 10.1021/acs.jchemed.1c00363](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00363).
- [4] Naser G, A., Fullá O, J., Varas P.M.A., and Nazar S., R Human vomeronasal organ, *Rev. Otorrinolaringol.* **68**, 199-204 (2008), <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162008000200013>.
- [5] Burdock, GA (ed.). *Manual de Fenaroli sobre Ingredientes Saborizantes*. 6.^a ed. Boca Ratón, FL 2010, pág. 1309.
- [6] Specialty Coffee Association (SCA) <http://blogunocafe.blogspot.com>.
- [7a] Gaber El-Saber Batiha, *et al.* *Commiphora myrrha*. A phytochemical and pharmacological update *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* **396** (3), 405-420 (2023) doi: [10.1007/s00210-022-02325-0](https://doi.org/10.1007/s00210-022-02325-0).
- [7b] Kumar Panda, S., *et al.* Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological investigations of *Tetradenia ripari* (Hochst.) Codd (Lamiaceae), *Frontiers in Pharmacol.* **13** (2022). <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.896078>.
- [8] Academia del Perfume (<https://www.academiadelperfume.com/el-perfume/historia>).
- [9] Polak, E.H. and Provasi, J. Odor sensitivity to geosmin enantiomers. *Chemical Senses*. **17** (1), 23–26 (1992). doi:[10.1093/chemse/17.1.23](https://doi.org/10.1093/chemse/17.1.23).
- [10] Cresci, A., A comprehensive hypothesis on the migration of European glass eels (*Anguilla anguilla*), *Biological Reviews*, **95** (5), 1273-1286 (2020) <https://doi.org/10.1111/brv.12609>.
- [11] Maher, L. and Goldman I.L. Endogenous production of geosmin in table beet, *Hortscience*, **53** (1), 67–72 (2018). <https://doi.org/10.21273/hortsci12488-17>.
- [12] Lactonas macrocíclicas como fragancias, Patente española n° 2 811 083.
- [13] Sagun, S., Collins, E., Martin, C., Nolan E. and Horzempa, J. Alarm odor compounds of the Brown Marmorated Stink Bug exhibit antibacterial activity, *J. Pharmacogn. & Nat. Prod.*, **2** (3), 119 (2016). <https://doi.org/10.4172/2472-0992.1000119>.
- [14] Martin, M. Saathoff, A.M., Kuhn, F., Max, H. and Terstegen, L. A functional ABCC11 allele is essential in the biochemical formation of human axillary odor, a functional ABCC11, *J. Invest. Dermatol.* **130** (2), 529–540 (2010) doi:[10.1038/jid.2009.254](https://doi.org/10.1038/jid.2009.254).
- [15] Mogilnicka, I. P. Bogucki, P. and Ufnal, M. Microbiota and malodor etiology and management, *Int. J. Mol. Sci.* **21** (8), 2886 (2020). <https://doi.org/10.3390/ijms21082886>.
- [16] Olor corporal, sudoración y bacterias implicadas. Instituto Valenciano de Microbiología: <https://www.ivami.com/es/microbiologia-clinica/2167-olor-corporal-sudoracion-y-bacterias-implicadas>.
- [17] Haze, S., Gozu, Y. Nakamura, S. Kohno, Y. Sawano, K., Ohta, H. and Yamazaki, K. 2-Nonenal newly found in human body odor tends to increase with aging, *Invest. Dermatol.* **116** (4), 520-524 (2001) <https://doi.org/10.1046/j.0022-202x.2001.01287.xv>.
- [18] Cetoacidosis diabetica. MedlinePlus enciclopedia médica.

- [19] Fenilcetonuria. MedlinePlus enciclopedia médica.
- [20] Montoya Álvarez, T., Díaz Guardiola P., Olivar, J. Roldán, J., Elviro, R. Wevers y G. Guijarro. Trimetilaminuria: el síndrome de olor a pescado, *Endocrinol Nutr.* **56**, 337-40 (2009) [https://doi.org/10.016/S1575-0922\(09\)71948-5](https://doi.org/10.016/S1575-0922(09)71948-5).
- [21] D. Marcano. La química en los alimentos, Ed. Acfiman-Fundación Empresas Polar, 2010.
- [22] Kosowska, M., Majcher, M.A., and Fortuna, T. Volatile compounds in meat and meat products, *Food Sci. Technol* (Campinas) **37** (1), Jan-Mar 2017, <https://doi.org/10.1590/1678-457X.08416>.
- [23] Bleicher, J., Ebner, E.E. and Bak, K, H, Formation and analysis of volatile and odor compounds in meat, *Molecules* **27**, 6703, 2022, <https://doi.org/10.3390/molecules27196703>.
- [24] Severiano-Pérez, P. ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, **7**, 19 (2019). <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>.
- [25] Bustos, O. La nariz electrónica: una nueva herramienta para analizar el aroma, *ACE Revista de Enología* 2002 (agosto): 24. http://biblio.acenologia.com/ciencia60_2.htm.
- [26] J. Guasch, J. Bustos, O. y Mestres, M. Nariz electrónica. Aplicaciones enológicas, *ACE Revista de Enología* (2011) <https://acenologia.com>.
- [27] Juzhong Tan and Jie Xu. Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture* **4**, 104-115 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.06.003>.



Deanna Paola Della Casa de Marcano

Licenciada en Química de la Universidad Central de Venezuela (UCV). D.Phil. de la Universidad de Oxford, UK. Docente e investigador de la UCV, en el área de química de productos naturales y fitoquímica orgánica. Individuo de Número (sillón XXIII) y Miembro de la Junta de Directores de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela (Acfiman). Directora del Instituto Experimental Jardín Botánico «Dr. Tobías Lasser» de la UCV. Secretaria Ejecutiva Nacional de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVac). Vicepresidente de la Sociedad Venezolana de Química. Secretaria ejecutiva de las Órdenes al Mérito de la UCV.

Prestó sus servicios en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), en el Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia (CENAMEC). Asesor académico del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la UCV, del Sistema Información de Científica, Tecnológica y Humanística (SITCH/UCV), de empresas de alimentos y de bufetes legales. Miembro de varias comisiones académicas, representante por Venezuela ante organizaciones internacionales de la ciencia: COSTED, Unesco, Interciencia, CYTED, SECAB. Jurado de varios premios científicos nacionales e internacionales

Autora de unos 15 libros de química en diferentes áreas, todos con varias ediciones y más de 80 publicaciones científicas reconocidas. Recipiente de varias órdenes al mérito, premios y reconocimientos académicos. Editora en el sector público y privado y actual editora jefe de las publicaciones de Acfiman.