

VAPEO:

LO QUE NECESITAS SABER

Por Doris Kimbrough

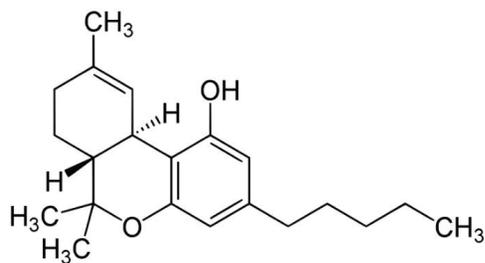
Durante el verano, los números eran difíciles de seguir. Al principio, se informaron unas pocas docenas de misteriosas enfermedades pulmonares, pero a mediados de octubre, los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, dijeron que estaban investigando alrededor de 1,500 casos, incluyendo 33 muertes.

Las personas afectadas están en su mayoría en la adolescencia tardía y principios de los 20 años, y normalmente sanas. Estas personas reportaron síntomas parecidos a la gripe, incluyendo vómitos, fatiga, seguidos de falta de aliento severa. Algunas de estas personas terminaron en ventiladores durante meses. Los investigadores de salud determinaron que el hilo conductor entre estos casos era el vapeo.

Identificar qué causa específicamente las enfermedades es difícil. Los investigadores de salud especulan que podrían estar involucrados varios factores, incluyendo la contaminación del producto, el uso de THC (un cannabinoide de la marihuana) y la modificación del dispositivo. Los investigadores encontraron inicialmente que el aceite de acetato de vitamina E estaba en muchos de los productos de THC que los pacientes enfermos habían vapeado. Pero un estudio de seguimiento que examinó las biopsias pulmonares de algunos pacientes no mostró signos del aceite.

El aumento en enfermedades graves levantó nuevas alarmas sobre los cigarrillos electrónicos. Pero incluso antes de este verano, los funcionarios de salud pública advirtieron que el vapeo podría tener efectos imprevistos a largo plazo. Sin embargo, los cigarrillos electrónicos no se han utilizado el tiempo suficiente para que los médicos sepan cuáles podrían ser esos efectos.





⌘ Tetrahidrocannabinol, C₂₁H₃₀O₂

¿Niebla o Vapor?

A pesar del término “vapeo” asociado con los cigarrillos electrónicos, los dispositivos producen una niebla de aerosol—no un vapor.

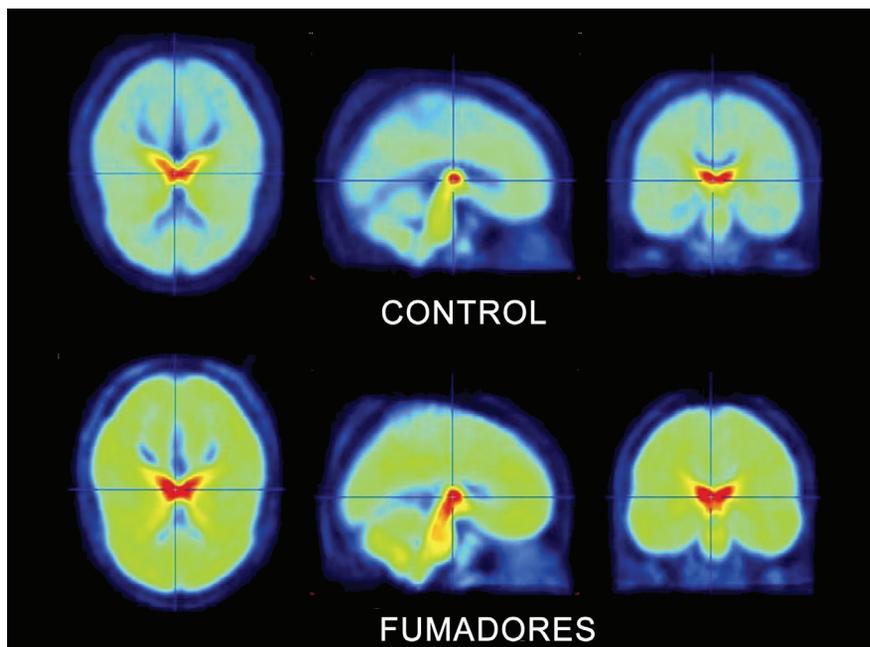
¿Cuál es la diferencia entre una niebla de aerosol y un vapor verdadero?

Un aerosol es la suspensión de pequeñas partículas sólidas o líquidas en un gas. Las nubes, la niebla y la bruma son ejemplos de aerosoles. Un vapor es la fase gaseosa de una sustancia que típicamente es sólida o líquida a temperatura ambiente. El cloro, por ejemplo, es un gas a temperatura ambiente, por lo que nos referimos a Cl₂ como gas cloro, no como vapor. El agua, por otro lado, es un líquido a temperatura ambiente. Entonces, cuando vemos la fase gaseosa a temperatura ambiente, nos referimos a vapor de agua.



FREPIK

Para detener la ola de vapeo adolescente, las ventas de cigarrillos electrónicos a menores de 18 años se hicieron ilegales en 2016 en los Estados Unidos. Aun así, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos en el 2018 reportó que 2 millones de estudiantes de escuela superior y escuela intermedia habían usado cigarrillos electrónicos con regularidad durante el año anterior. En un esfuerzo por prevenir de manera más efectiva el uso por adolescentes, en septiembre de 2019, Michigan se convirtió en el



⌘ Los estudios han demostrado que la densidad de los receptores de nicotina — las estructuras en las membranas celulares activadas por moléculas particulares — es mayor en los fumadores que en los no fumadores. En estas exploraciones de tomografía por emisión de positrones (PET), la densidad de los receptores de nicotina aumenta a medida que los colores pasan de azul -> verde -> amarillo -> rojo.

primer estado de Estados Unidos en prohibir los cigarrillos electrónicos con sabor, los cuales son más apetecibles para los usuarios jóvenes. Unos meses antes de eso, San Francisco se convirtió en la primera ciudad importante de Estados Unidos en prohibir la venta y distribución de todos los cigarrillos electrónicos. Otras comunidades también han indicado que tomarían medidas similares. Los CDC instaron a las personas a dejar de vapear.

Los funcionarios de salud pública aún tienen mucho que aprender sobre los cigarrillos electrónicos, pero lo que saben plantea una gran preocupación.

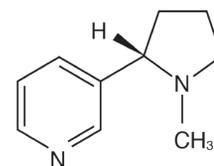
Cigarrillos regulares versus electrónicos

Fumar cigarrillos tradicionales afecta a todos los órganos del cuerpo y es la principal causa prevenible de muerte en los Estados Unidos; contribuye a casi una de cada cinco muertes, de acuerdo a los CDC. Los cigarrillos electrónicos con líquidos a base de nicotina a menudo se comercializan como una alternativa a los cigarrillos tradicionales para las personas adictas a fumar.

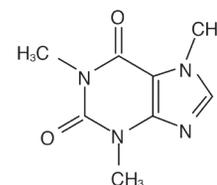
Cuando se enciende, las hojas de tabaco en los cigarrillos convencionales se queman y producen humo que contiene nicotina vaporizada que el usuario inhala. El humo también contiene miles de otras sustancias, incluyendo al menos 70 **carcinógenos**, compuestos que promueven el desarrollo del cáncer. Los capilares en los pulmones absorben la nicotina y otras sustancias, y éstas entran al torrente sanguíneo. El torrente sanguíneo transporta las sustancias absorbidas al cerebro y otras partes del cuerpo.

En contraste, los cigarrillos electrónicos no contienen tabaco. Estos utilizan un método de no combustión para dar nicotina al usuario. (Nos enfocaremos en los cigarrillos electrónicos de nicotina ya que son de uso predominante.) Un cigarrillo electrónico típicamente tiene cuatro partes: una

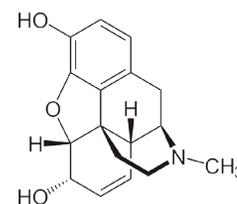
Ejemplos de Alkaloides



⌘ Nicotina, C₁₀H₁₄N₂



⌘ Cafeína, C₈H₁₀N₄O₂



⌘ Morfina, C₁₇H₁₉N₃O₃

COPYRIGHT © 2008 BY THE SOCIETY OF NUCLEAR MEDICINE, INC.

boquilla, una batería recargable, un cartucho con un líquido, también llamado cápsula, y un atomizador.

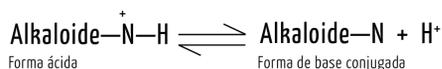
El líquido contiene nicotina, agua, saborizantes y solventes, incluyendo a la glicerina o el propilenglicol, que estabilizan la niebla formada en el atomizador. El atomizador es una pequeña cámara que calienta la solución del cartucho, produciendo una niebla de aerosol de pequeñas gotas de líquido (técnicamente no un vapor) que el usuario inhala. Es una versión diminuta de un humidificador que aporta nicotina y sabor. Cuando los usuarios inhalan la niebla, sus pulmones absorben la nicotina y otros compuestos.

El ingrediente común

Lo que tienen en común el vapeo y el tabaquismo es la nicotina. La nicotina pertenece a una clase de compuestos conocidos como **alcaloides**. Los alcaloides son moléculas orgánicas (a base de carbono) que se producen naturalmente en las plantas. Además de carbono e hidrógeno, los alcaloides contienen al menos un átomo de nitrógeno y generalmente poseen una actividad farmacológica importante, lo que significa que actúan como medicamentos en el cuerpo.

Muchas medicinas modernas son alcaloides derivados de plantas o drogas sintéticas basadas en sustancias derivadas originalmente de plantas. Además de la nicotina, otros alcaloides conocidos incluyen cafeína, codeína, cocaína, morfina.

Los átomos de nitrógeno en los alcaloides les dan otra propiedad importante: pueden existir en forma de **ácido** o **base conjugada**. Los átomos de nitrógeno del alcaloide son básicos, lo que significa que los electrones no unidos pueden aceptar un protón (H^+). En la reacción inversa, H^+ es removido del nitrógeno. Estas reacciones ocurren rápidamente en ambas direcciones aproximadamente a la misma velocidad, por lo que no se observa un cambio general en las concentraciones de reactivos y productos:



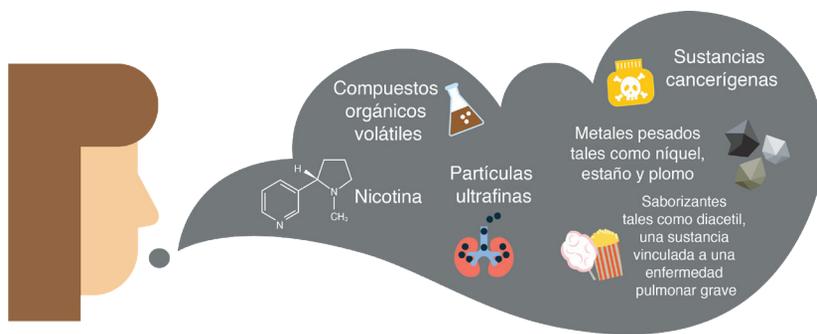
La nicotina tiene dos átomos de nitrógeno en su estructura, y ambos pueden ser protonados. Uno se protona solo en condiciones muy ácidas, $\text{pH} < 2$, la cual es una condición poco probable para un producto de consumo, así que centrémonos en el otro N.

A un pH por encima de 9, hay más iones OH^- que iones H^+ presentes solución, por lo que dominaría la forma de base conjugada de nicotina. En soluciones ácidas, hay muchos más iones H^+ en solución. Estos iones protonarían el nitrógeno, haciendo que la forma protonada de nicotina sea dominante.

Esto puede parecer un hecho trivial, pero la protonación jugó un papel importante en las acciones legales significativas tomadas contra las compañías tabacaleras hace décadas. Y la investigación reciente sugiere que podría tener algo que ver con el dominio del mercado de una marca particular de cigarrillos electrónicos, Juul.

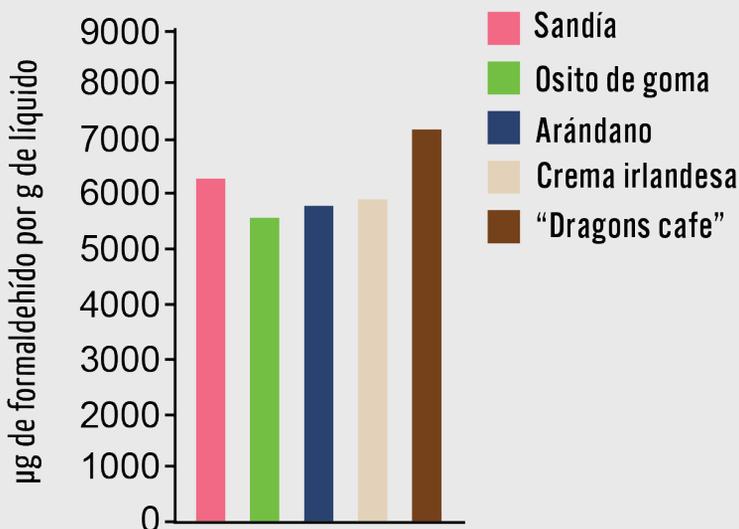
¿Por qué importa un protón?

A partir de la década de 1990, múltiples estados comenzaron a presentar demandas contra las com-



SOURCE: CDC. ADAPTED BY RS GRAPHIX, INC.

Sabor y Formaldehído



La investigación ha demostrado que la nicotina no es el único peligro que acecha en los cigarrillos electrónicos. Los compuestos de sabor en los líquidos de los cigarrillos electrónicos se descomponen cuando se calientan, formando sustancias tóxicas, incluyendo el formaldehído. El calentamiento de una marca en particular en un dispositivo de vapeo produjo niveles de formaldehído que fueron de 190 a 270 veces el límite de exposición determinado por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, una organización científica sin fines de lucro. El formaldehído puede causar tos, sibilancias y náuseas. El Programa Nacional de Toxicología de Estados Unidos reconoce la sustancia como un carcinógeno humano conocido.

Fuente: Khlystov y Samburova. Environmental Science and Technology. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b05145>

RACHEL PRICER

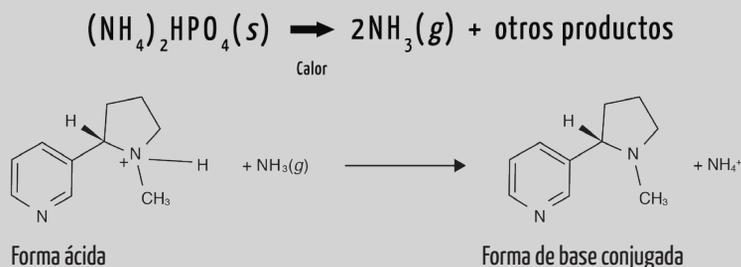
pañías tabacaleras por ocultar a sabiendas información sobre los peligros de fumar. Los documentos de la compañía que se publicaron como parte de estas demandas revelaron que, en la década de 1960, las compañías tabacaleras descubrieron que la forma de base conjugada de nicotina era más fácilmente absorbida por los pulmones, proporcionando una mayor dosis de nicotina—y un mayor potencial de adicción.

Las compañías tabacaleras comenzaron a agregar sales de amonio, como el fosfato de diamonio $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$, a los cigarrillos. Cuando el cigarrillo se enciende, las sales se convierten en amoníaco (NH_3). El amoníaco toma protones de las moléculas de nicotina ácida, convirtiéndolas en la forma de base conjugada más fácil de absorber.

La forma base conjugada de nicotina se siente áspera y rasposa en la parte posterior de la garganta. La forma ácida de la nicotina se siente más ligera y más suave cuando se

La Diferencia de un Protón

La forma de base conjugada de nicotina es más fácilmente absorbida por los pulmones. Para crear productos con una proporción más alta de esta forma, las compañías tabacaleras agregan sales de amonio a los cigarrillos. Cuando se quema el tabaco en un cigarrillo, el calor causa que las sales formen amoniaco y otros compuestos. El amoniaco reacciona con la forma ácida de la nicotina, eliminando el protón. Esto produce más nicotina en forma de base conjugada.



inhala, pero los pulmones no la absorben tan fácilmente.

Los investigadores que han estudiado los líquidos de vapeo han sugerido que esta diferencia en la suavidad entre la nicotina ácida y la base conjugada podría contribuir a la popularidad de Juul, que apareció por primera vez en las tiendas en el 2015. Su diseño discreto, tipo pulgar, y sabores afrutados, ayudó a Juul a convertirse rápidamente en un vendedor superior. A principios de agosto de 2019, los productos de Juul representaban el 72% de las ventas totales de cigarrillos electrónicos.

Un estudio de 2018 dirigido por David Peyton en la Universidad Estatal de Portland para evaluar varias marcas de cigarrillos electrónicos encontró que los dos líquidos de Juul que probaron contenían principalmente nicotina ácida (sensación más suave).

Peyton y sus colegas también descubrieron que las vainas de Juul contenían aproximadamente 57 miligramos (mg) de nicotina por mililitro (mL) de solución. Otras marcas, como "Twelve Vapor", "Nicquid", and "Beard Vape Co.", promediaron 10 mg de nicotina por mL de solución. La mayoría de los líquidos de las marcas que no son Juul tenían más del 50% de la forma más dura de base libre de nicotina.

Peyton y sus coautores ven un paralelismo entre las diferentes formas de nicotina que encontraron en los cigarrillos electrónicos y el descubrimiento de las compañías tabacaleras en la década de 1960. Peyton señala que "la combinación de altas concentraciones de nicotina y baja forma de base conjugada, como la que tiene Juul, creará un sabor y una percepción por parte de los usuarios que no

es dura, como si el líquido del cigarrillo electrónico tuviera muy poca nicotina".

Sin embargo, en el estudio, la cantidad de nicotina en los dos sabores de Juul fue mayor que en otros líquidos de cigarrillos electrónicos probados. La cantidad realmente absorbida por los pulmones es otra pregunta.

Tu cerebro con nicotina

La investigación ha encontrado que la nicotina es una mala noticia, particularmente para los adolescentes, cuyos cerebros aún se están desarrollando.

Entre otros efectos, como el aumento del riesgo de hipertensión y diabetes de una persona, la nicotina aumenta el nivel de dopamina en el cerebro. La dopamina es un neurotransmisor, un tipo de sustancia química liberada por las neuronas para enviar señales a otras células nerviosas. La dopamina está involucrada en la activación de los centros de placer y recompensa del cerebro. Normalmente, los niveles de este neurotransmisor aumentan cuando obtienes una buena calificación en una prueba, ganas una carrera o alcanzas el siguiente nivel en un juego de computadora. La dopamina te hace sentir bien por tu logro.

Cuando una droga como la nicotina provoca artificialmente un aumento de dopamina, ésta induce ese mismo sentimiento positivo. El problema es que cuando el efecto desaparece, los fumadores o los usuarios de cigarrillos electrónicos quieren repetir la experiencia, por lo que toman más de la droga. Este patrón de uso y refuerzo puede conducir a la adicción.

Esto es especialmente peligroso para los adolescentes. La adolescencia es un período crítico para el desarrollo del

cerebro. La investigación sugiere que la exposición a la nicotina podría afectar el cerebro de los adolescentes con consecuencias perjudiciales a largo plazo. Por ejemplo, puede disminuir las habilidades cognitivas de los usuarios, aumentar la probabilidad de que prueben drogas ilícitas y aumentar su riesgo de desarrollar trastornos de salud mental.

Además de la nicotina, los aromatizantes en los líquidos de vapeo podrían tener su propio conjunto de efectos sobre la salud. Estudios preliminares de laboratorio que involucran células endoteliales humanas, que recubren los pulmones, han demostrado que algunos de los líquidos aromatizados utilizados en los cigarrillos electrónicos causan un daño significativo a las células.

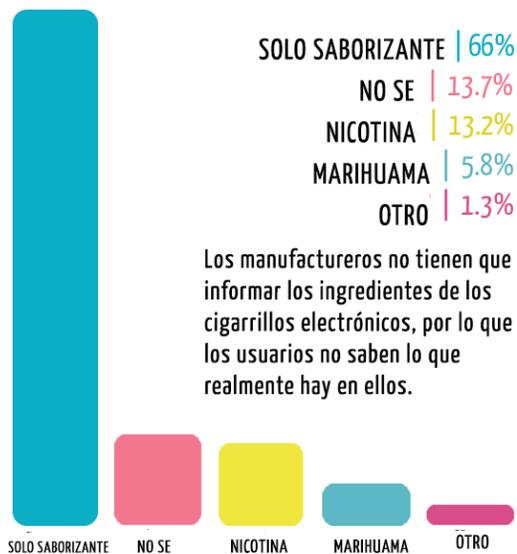
Todavía se desconoce cómo se desarrollarán todos estos factores de salud en los próximos años o décadas. Pero lo que han demostrado hasta ahora las enfermedades y los estudios recientes sobre los cigarrillos electrónicos es que se necesita mucha más investigación para entender los riesgos para la salud causados por el vapeo.

Doris Kimbrough es profesora de química en la Universidad de Colorado, Denver.

REFERENCIAS

- Duell, A. et al. Determinación de nicotina en base libre en líquidos de cigarrillos electrónicos mediante espectroscopía de ¹H NMR. *Chemical Research in Toxicology*, 18 de mayo de 2018: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrestox.8b00097> [accedido en octubre de 2019].
- Nguyen, T. La química de los cigarrillos electrónicos puede explicar su popularidad entre los adolescentes. *Chemical & Engineering News*, 24 de mayo de 2018: <https://cen.acs.org/analytical-chemistry/spectroscopy/E-cigarette-schemistry-explain-popularity-among/96/i22> [accedido en octubre de 2019].
- Yuan, M. et al. La nicotina y el cerebro adolescente. *The Journal of Physiology*, 27 de mayo de 2015: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4560573/> [accedido en octubre de 2019].

¿Qué dicen los adolescentes acerca de lo que está en los cigarrillos electrónicos?



Los fabricantes no tienen que informar los ingredientes de los cigarrillos electrónicos, por lo que los usuarios no saben lo que realmente hay en ellos.