

Los oxímetros de dedo y su importancia en el combate contra el COVID-19

ARACELI HERNÁNDEZ GRANADOS,
DULCE BECERRA-PANIAGUA,
HORACIO MARTÍNEZ VALENCIA.

Araceli estudió maestría y doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en el CIICAp-UAEM. Actualmente se encuentra haciendo su posdoctorado en el Grupo de Física Atómica, Molecular y Óptica Experimentales (FAMO) del ICF-UNAM, campus Morelos. Dulce es Ingeniera Química del ITTG y maestra en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables del IIIER-UNICACH en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Actualmente es estudiante de doctorado en Ingeniería en Energía en el IER-UNAM, donde trabaja con materiales semiconductores aplicados en celdas solares. Horacio Martínez Valencia es Investigador Titular "C", es jefe del grupo de Espectroscopia del ICF-UNAM, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel III y es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la ACMor.

Por definición se dice que el átomo es la parte más pequeña de la materia, por sus vocablos griegos: "a" que significa sin y "tomon" división, es decir indivisible. El átomo se compone de protones, neutrones (núcleo) y electrones. Los únicos componentes con carga positiva y negativa son los protones y electrones, respectivamente. Por su parte, las moléculas son entidades que se compone de al menos dos átomos de diferentes o mismos elementos. Un ejemplo sencillo de estos dos conceptos es el agua. El agua está formada por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), los cuales se unen para formar la molécula de agua (H₂O). El cuerpo humano está formado a nivel atómico de elementos químicos como: oxígeno (65%), carbono (18%), hidrógeno (10%), nitrógeno (3%), fósforo (1%), azufre (0.25%), conocidos como C-H-O-N-P-S (nombre derivado de los símbolos químicos de cada uno de estos) y otros elementos más, pero que se encuentran en menor proporción¹. A nivel molecular, estos elementos están presentes en el cuerpo en forma de agua, proteínas, lípidos e hidroxipatita (el calcio de los huesos). El ser humano es un organismo pluricelular (posee muchas células), y su organización comprende desde el átomo-molécula-célula-tejido-órgano-aparato-sistema y hasta el individuo mismo.

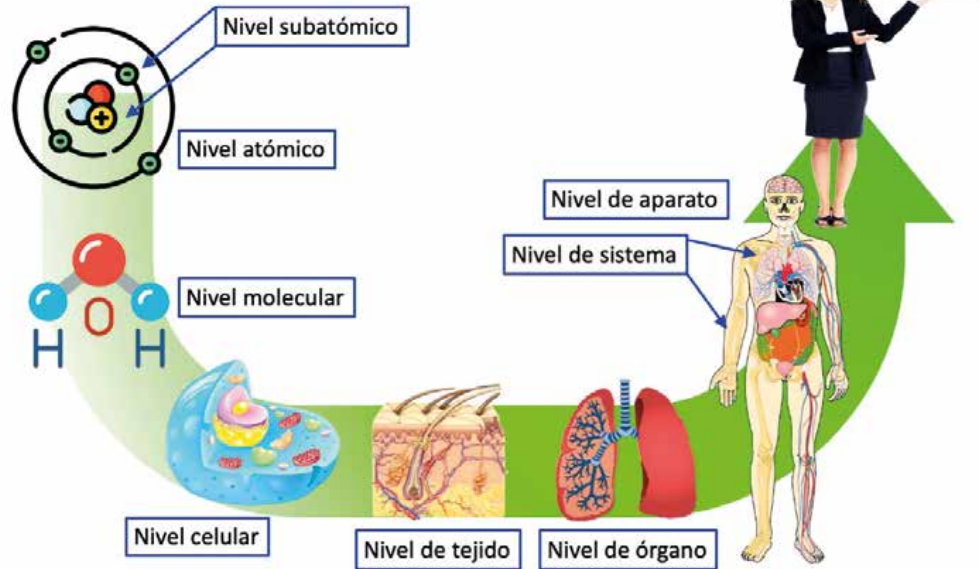


FIGURA 1: NIVELES de organización en el cuerpo humano. Imágenes tomadas de: <https://www.pngocean.com/>

La sangre y el oxígeno

Dentro de esta clasificación, los tejidos son un conjunto de células especializadas para diversas actividades. Por ejemplo, algunos tipos de tejido son: tejido óseo (forma estructuras del esqueleto), tejido nervioso (captura estímulos para emitir respuestas), la sangre (transporta nutrientes, oxígeno y dióxido de carbono), entre otros tejidos más. Este último tejido es de especial interés debido a su vital importancia en el ser humano. Su matriz es líquida y está constituida por células suspendidas en un líquido denominado plasma. El término de plasma es utilizado en la rama de la medicina para definir el líquido incoloro-transparente de la sangre donde se encuentran suspendidas las células como los glóbulos blancos (leucocitos), las plaquetas (trombocitos) y los glóbulos rojos (eritrocitos). Las funciones principales de estas tres son: combatir infecciones (glóbulos blancos), coagular la sangre (plaquetas), transportar oxígeno de los pulmones a los tejidos del cuerpo y eliminar el dióxido de carbono residual para redirigirlo a los pulmones (glóbulos rojos). Estos glóbulos rojos poseen forma de disco bicóncavo, además su color característico es debido a la proteína llamada hemoglobina. Cada proteína de estas puede transportar cuatro moléculas de oxígeno que se distribuirán en el cuerpo a través de los glóbulos rojos.

La hemoglobina (Hb) cuando se une con el oxígeno forma la oxihemoglobina (HbO₂), mientras que la forma desoxigenada se llama desoxihemoglobina (Hb). Los niveles de hemoglobina se pueden medir por medio de un análisis de sangre y los conteos se expresan en gramos por decilitro (g/dL). El nivel normal de esta para los hombres va de 13.5 a 17.5 g/dL y para las mujeres es de 12 a 15.5 g/dL. Un resultado alto de Hb puede significar problemas de tabaco, ejercicio extremo, deshidratación entre otros más. Por el contrario, un nivel bajo podría atribuirse a falta de vitamina B-12, hierro o sangrado entre otras causas. Otra medición de la hemoglobina es la que tiene relación con los oxímetros de dedo para contabilizar los niveles de saturación de oxígeno (porcentaje de oxígeno presente en la sangre), así como los conteos de latidos del corazón. A continuación, se explicará el funcionamiento de estos aparatos con mayor detalle.

Los oxímetros de dedo

El oxímetro de dedo fue inventado por el fisiólogo estadounidense Glenn Allan Millikan en 1940 y es reconocido por introducir la oximetría en la medicina clínica. Este gran invento nació cuando Millikan fue requerido por la fuerza aérea para participar en el diseño de un equipo de respiración militar. Debido a esto Millikan integró su invento del oxímetro a una

máscara de latido usada en los pilotos, donde este aparato (oxímetro) funcionaba con dos tipos de filtros, verde y rojo. La idea principal fue que la absorción de luz verde es independiente del nivel de oxígeno y la absorción de la luz roja sí es dependiente de los niveles de oxígeno. Sin embargo, este invento poseía varios problemas técnicos y errores de medición. Pero gracias a los avances de la ciencia, a lo largo de los años la idea principal de Millikan se fue perfeccionando y en 1972 el ingeniero japonés Takuo Aoyagi logró la mejora de la invención del oxímetro de dedo de la actualidad y la patente se otorgó en 1979 a los inventores Nihon Kohden, Michio Kishi y por supuesto Takuo Aoyagi. Desde entonces el uso de los oxímetros ha sido parte de los instrumentos de gran uso en la medicina. En la actual lucha que existe contra la pandemia, el oxímetro de pulso es un instrumento que está siendo catalogado como esencial por su uso de monitoreo de niveles de oxígeno en pacientes contagiados y asintomáticos. Su importancia recae en que puede ser el diferenciador entre la vida y la muerte. Estos dispositivos se pueden encontrar en diferentes formas, como oxímetros de muñeca, de mano y de dedo, siendo este último uno de los más usados. Esto es debido a los múltiples beneficios que ofrece: 1) es un instrumento de rápido y fácil uso, 2) es práctico y portátil, 3) no es dañino y de ninguna manera borra las huellas digitales, 4) ofrece una rápida lectura de los niveles de oxígeno y con ello es posible determinar cuadros de falta de oxígeno,

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: editorial@acmor.org.mx

LECTURAS Y VIDEO RECOMENDADOS

1. Los elementos en los humanos (O, C, H, N, Ca, F)
2. ¿Qué es un oxímetro de pulso? ¿De verdad nece
3. ¿Para qué sirve el oxímetro en el monitoreo de
4. Funcionamiento del oxímetro-pulsómetro. [http](http://)

con lo que se puede lograr prevenir de sufrir complicaciones graves o mortales².

¿Qué miden los oxímetros de dedo?

Los oxímetros de dedo son un tipo de pinza que, para poder utilizarlo se debe insertar en este el dedo índice y hacer la medición toma solo unos segundos. Regularmente, estos aparatos muestran en la pantalla el ritmo cardiaco y el porcentaje de oxígeno del paciente. Es recomendable que una persona sana obtenga una lectura de entre 60 y 100 latidos por minuto para el ritmo cardiaco y un porcentaje de nivel de oxígeno entre 95 y 100%. Valores inferiores a los mencionados indican ya una anomalía. Es cierto también que estas mediciones pueden verse influenciadas por enfermedades pulmonares, cardíacas o de circulación ya existentes, uñas postizas, esmaltes en uñas e incluso la altura donde se encuentran la ubicación de las personas. El Dr. López-Gatell con respecto a lo mencionado anteriormente señala que: *“La sangre humana en condiciones convencionales, de acuerdo con la concentración de oxígeno que hay en el aire-ambiente normalmente es del 21%, la sangre humana puede registrar un valor que generalmente está un poco por debajo del 100%, en aire ambiente -cuando se respira aire-ambiente- podemos tener oxigenaciones que van desde 95-98%, esto varía de acuerdo con la altitud. A nivel del mar en zonas costeras se alcanzan porcentajes de oxigenación mayores, 98, 99%, raramente 100%. En zonas muy altas como en la Ciudad de México se pueden alcanzar 94-95% y en general por debajo de 90% se considera anormal”*³. Sin embargo, si se usa de forma correcta, puede ayudar a identificar oportunamente una hipoxemia silenciosa (baja saturación de oxígeno sin ser notoria por el paciente).

¿Cómo funcionan los oxímetros de dedo?

Como ya se mencionó los oxímetros de dedo miden el porcentaje de oxígeno, es decir, la saturación de oxígeno (SO₂) presente en nuestra sangre. Pero antes de entender su principio de funcionamiento, es importante comprender qué es la saturación de oxígeno. Se sabe que se necesita oxígeno para vivir. El oxígeno ingresa a los pulmones y luego

pasa a la sangre. La responsable de transportar este oxígeno desde los pulmones a los diversos órganos del cuerpo humano es la hemoglobina (Hb) y está contenida principalmente dentro de los glóbulos rojos (RBC por sus siglas en inglés), los cuales cuando se unen al oxígeno (O₂) forman la oxihemoglobina o también conocida como hemoglobina oxigenada (HbO₂ u oxi-Hb), mientras que la hemoglobina que no se unió al oxígeno se conoce como hemoglobina desoxigenada (Hb o desoxi-Hb). Por lo tanto, la saturación de oxígeno se refiere al porcentaje promedio de todo el oxígeno unido a la hemoglobina, en relación con la cantidad total que puede unirse. Por ejemplo, si hay 16 unidades de hemoglobina y ninguna de ellas tiene oxígeno, entonces la saturación de oxígeno es 0%. Si 8 de las 16 Hb tienen oxígeno, la saturación de oxígeno será del 50%. Si 12 de las 16 Hb tienen oxígeno, la saturación de oxígeno será entonces del 75%. Y si todas las Hb tienen oxígeno, por lo tanto, la saturación de oxígeno será entonces del 100% (Figura 2A). Ahora bien, el oxímetro de dedo tiene integrado en la parte superior una fuente que emite luz. Dicha fuente son dos pequeños LED (diodos emisores de luz) que emiten una luz roja (LED rojo) y luz infrarroja (LED infrarrojo). Y en la parte inferior consta de un fotoreceptor que se encarga de detectar la luz. Al colocar un dedo entre la fuente y el detector de luz, la luz ahora tendrá que pasar a través del dedo para alcanzar el detector. Parte de la luz será absorbida por el dedo y la parte no absorbida (la luz que se transmite) llegará al detector de luz, como se muestra en la Figura 2B. Por lo tanto, un oxímetro de pulso utiliza la luz para calcular la saturación de oxígeno, que como se había mencionado depende de las dos formas en que se encuentre la hemoglobina. Como se muestra en la Figura 2B, la muestra con más oxihemoglobina (oxi-Hb) absorbe más luz infrarroja y permite que pase más luz roja dado que hay menos desoxihemoglobina (desoxi-Hb). Mientras que la muestra con más desoxihemoglobina (desoxi-Hb) absorbe más luz roja y permite que pase más luz infrarroja, es decir, hay menos oxihemoglobina (oxi-Hb). Antes de continuar, recordemos que la luz se propaga en forma de ondas y estas tienen una longitud. La distancia entre los “picos” de una onda a otra se denomina longitud de onda. Las longitudes de onda son muy pero muy cortas y la unidad de medida es el nanómetro (nm). Tan sólo 1 nanómetro equivale a 0.000001 milímetros, casi nada. Cada longitud de onda emite luz a diferentes colores⁴.

Explicación e ideas de imágenes por parte de: <https://www.howequipmentworks.com/pulse-oximeter/> así como imágenes tomadas de: <https://www.pngocean.com/> y [\[commons.wikimedia.org/wiki/File:Oxy_and_Deoxy_Hemoglobin_Near-Infrared_absorption_spectra.png\]\(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oxy_and_Deoxy_Hemoglobin_Near-Infrared_absorption_spectra.png\)](https://</p></div>
<div data-bbox=)

Ciencia hecha tecnología aplicada a la salud

Como se mencionó, el oxímetro de dedo utiliza dos luces para analizar la hemoglobina, una es la luz roja que tiene una longitud de onda de aproximadamente 650 nm y la otra es la luz infrarroja que tiene una longitud de onda de 950 nm. Esta última es invisible al ojo humano. Estas luces inciden secuencialmente sobre la muestra de hemoglobina, a través de su ciclo de encendido, primero una y luego otra, lo que permite que el fotoreceptor responda a la luz roja e infrarroja por separado. Se mide la cantidad de luz que se transmite (en otras palabras, que no se absorbe) y se producen señales normalizadas separadas para cada longitud de onda. Un chip o procesador calcula la relación entre la medición de luz roja y la medición de luz infrarroja (que representa la relación de hemoglobina oxigenada a hemoglobina desoxigenada), y el

procesador convierte esta relación en porcentaje de saturación de oxígeno (SO₂). Para facilitar la comparación de la absorbancia de oxi-Hb y desoxi-Hb, en la Figura 2B se muestra un gráfico que muestra la absorbancia de ambos. Finalmente, el aparato reporta el porcentaje de saturación de oxígeno en sangre, lo que nos permite monitorear si hay suficiente cantidad de este vital gas en nuestro cuerpo. Porcentajes menores a 90% se consideran como hipoxemia y las causas pueden ser varias. Sin embargo, dado que uno de los síntomas del COVID-19 es la dificultad para respirar y posible neumonía, una baja saturación de oxígeno podría ser indicativo de la enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2 y de una posible secuela que haya dejado daño en los pulmones. En los casos asintomáticos, se ha detectado que los pacientes que tuvieron el virus pueden presentar hipoxemias donde tienen una saturación de oxígeno menor al 70%. Esto compromete la salud de las personas y pasa desapercibida ya que posiblemente, el daño que causó el virus a los pulmones fue tan lento que el organismo se acostumbra a la falta de oxígeno, como lo hace un alpinista que sube lentamente el monte Everest. No obstante, no deja de ser peligroso y el oxímetro es útil para detectar estos casos.

Conclusiones

Es importante aclarar que el oxímetro de dedo consta principalmente de dos LED (emisores de luz) y un fotodetector, básicamente. De ninguna manera está involucrado un lector de huella digital, por lo que esta tecnología no puede robar huellas digitales. Lo maravilloso de esta tecnología científica es que puede ayudar a la población a hacerse un diagnóstico rápido, sencillo y sin molestias de como esta su porcentaje de oxígeno y pulso, además que se pueden encontrar en el mercado con precios desde 600 pesos. Cabe mencionar que en caso de ser un paciente bajo un cuadro de COVID-19, este tipo de tecnología se debe utilizar de forma complementaria. Para un diagnóstico preciso se recomienda usarse en conjunto con otras medidas como la revisión periódica de temperatura para detectar fiebre, conocer si han existido síntomas como tos, dificultad para respirar o algún signo de emergencia. La importancia de estos dispositivos radica en que los pacientes con COVID-19 pueden registrar sus niveles de oxígeno en sangre desde casa y observar variaciones de estos, ya que en ocasiones los pacientes no llegan a notar si estos bajan de forma regular o drástica. Y con este tipo de acciones se puede ayudar

a buscar atención oportuna como la hospitalización o terapia de oxígeno para prevenir complicaciones más serias.

Si alguien está interesado en algún tema en particular que quieran que escribamos o que los aclaremos sus dudas pueden enviar un correo a: hm@icf.unam.mx

Agradecimientos: A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico-Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM) por la beca postdoctoral otorgada a Araceli Hernández Granados.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

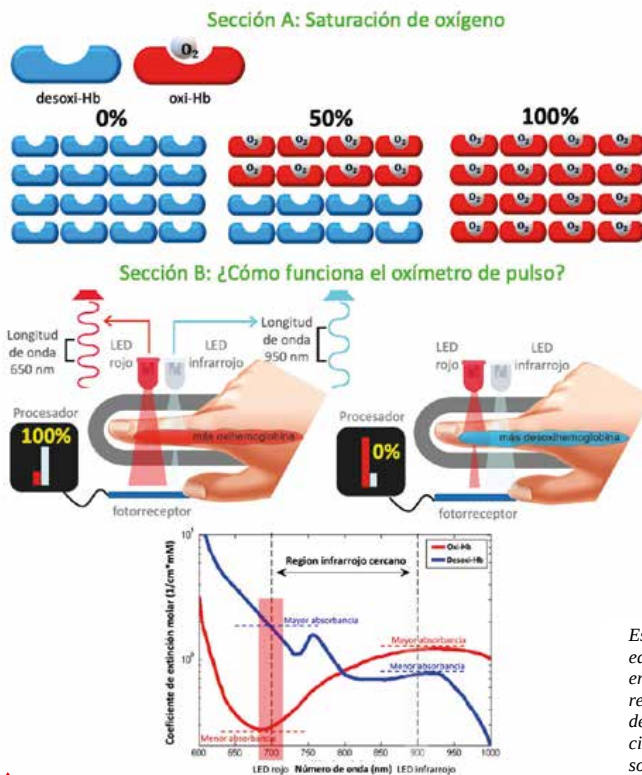


FIGURA 2: FUNCIONAMIENTO del oxímetro de pulso: A) Saturación de oxígeno. La hemoglobina sin oxígeno la llamaremos “desoxi-Hb” y la hemoglobina con oxígeno “oxi-Hb”. y B) Funcionamiento del oxímetro de pulso. Oxi-Hb absorbe más luz infrarroja que la luz roja y la Desoxi-Hb absorbe más luz roja que la luz infrarroja.

) | Ciencia. <https://www.dciencia.es/los-elementos-en-los-humanos-o-c-h-n-ca-p/sito-uno-en-casa/> - The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2020/04/29/espanol/estilos-de-vida/oximetro-para-que-sirve.html> Covid-19? - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=KzdGPwV5GQg> s://polaridad.es/monitorizacion-sensor-pulso-oximetro-frecuencia-cardiaca/