

EL SONIDO QUE NO SE PUEDE ESCUCHAR: LAS ONDAS ULTRASÓNICAS

Francisco Juárez-Carrillo^{1*}, Hugo A. García-Gutiérrez¹, Julio C. Ontiveros-Rodríguez¹

¹Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Contacto: 1419583d@umich.mx



El sonido que no se puede escuchar: las ondas ultrasónicas

RESUMEN

Las ondas que transmiten el sonido pueden tener componentes que el oído humano no puede percibir, pero que son realmente importantes en diferentes aspectos que conforman nuestra vida cotidiana. La energía que transmiten estas ondas sonoras puede aprovecharse para una infinidad de aplicaciones, desde el diagnóstico de enfermedades, la elaboración de alimentos, la limpieza de materiales, o en la realización de reacciones químicas que permitan obtener moléculas que puedan ser empleadas como medicamentos o con otros fines industriales.

Palabras claves:
ONDAS SONORAS, ULTRASONIDO, APLICACIONES

¿Alguna vez te has preguntado si existe algún sonido que no se escuche? En este artículo te explicaremos cuál es ese sonido y cuáles son algunas aplicaciones que tiene en la vida cotidiana.

Para entender qué es el sonido y qué son las ondas ultrasónicas, debemos primero definir qué es una onda. Al hablar de una "onda" nos referimos a la manera en la que se transmite la energía: no podemos observar desplazamiento de ningún tipo de materia, pero, se presenta en forma de oscilaciones. Las ondas (Figura 1) [1] poseen tres características: **la amplitud**, que mide la altura de las oscilaciones; **la longitud de onda**, que mide la distancia entre dos oscilaciones y la **frecuencia**, que mide el número de oscilaciones por unidad de tiempo, o sea, cuántas veces se repite en un mismo punto, y que se mide en hercios (ciclos por segundo), o sus múltiplos kilohercios kHz (1 kHz = 1000 Hz) o megahercios MHz (1 MHz = 1'000,000 Hz) [2].



Imagen generada por Adobe Firefly

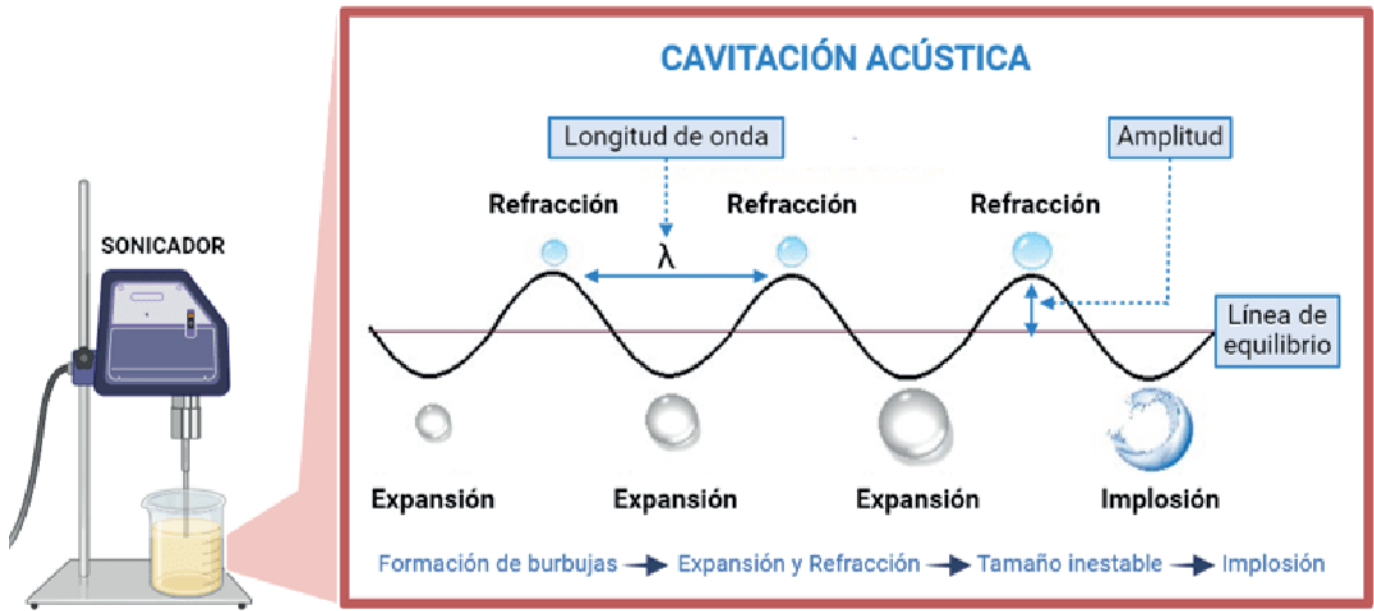


Figura 1. Características de las ondas y cavitación acústica generada por una sonda ultrasónica. Modificado de [1].

Las ondas sonoras son aquellas que pueden ser percibidas por el oído humano. Estas tienen una frecuencia de entre 16 y 20,000 Hz (0.016 y 20 kHz), que se conoce como la gama audible (**sonido**). Existen ondas que tienen frecuencias superiores a los 20 kHz y se conocen como **ultrasonido** [3]. Estas frecuencias están por encima del límite superior del rango audible del ser humano, por lo que se trata de ondas que están ahí pero que no son perceptibles por el oído humano, lo que se puede definir como un **“sonido que no se puede escuchar”** aunque se sabe que estas ondas sí pueden ser percibidas por algunos insectos, anfibios y mamíferos.

Aplicaciones del sonido que no se puede escuchar

Las ondas ultrasónicas no son un invento producido por el hombre. En realidad, se trata de un evento físico natural que ha sido aprovechado por el ser humano para su conveniencia. Ciertos seres vivos tienen la capacidad de emitir y percibir ondas de ultrasonido, como es el caso de algunas ranas, saltamontes, ratones, aves, murciélagos, ballenas y delfines [4]. Las ondas son utilizadas para comunicarse entre sí o para desplazarse en la oscuridad. El ultrasonido que emiten estos animales tiene un rebote cuando toca las superficies de su hábitat y es percibido por el oído de ellos mismos, lo que les permite tener un mapa de su entorno y desplazarse con seguridad, además de detectar posibles presas (Figura 2) [5].

Figura 2. Ultrasonido en la naturaleza y la tecnología. Modificado de [5]



Esta maravilla de la naturaleza ha inspirado diferentes tecnologías como las que se han implementado en los equipos de sonar en los submarinos, los cuales usan el ultrasonido como método de navegación en el cual, al emitir las ondas sonoras, estas chocan con el fondo y son recibidas nuevamente por sensores en la nave, para determinar la profundidad durante la navegación y la presencia de obstáculos [5]. Cabe mencionar que, en las diversas aplicaciones donde se hace uso de las ondas ultrasónicas, la frecuencia utilizada será específica de acuerdo con el objetivo principal y estas no deberán afectar otros componentes (Figura 3).

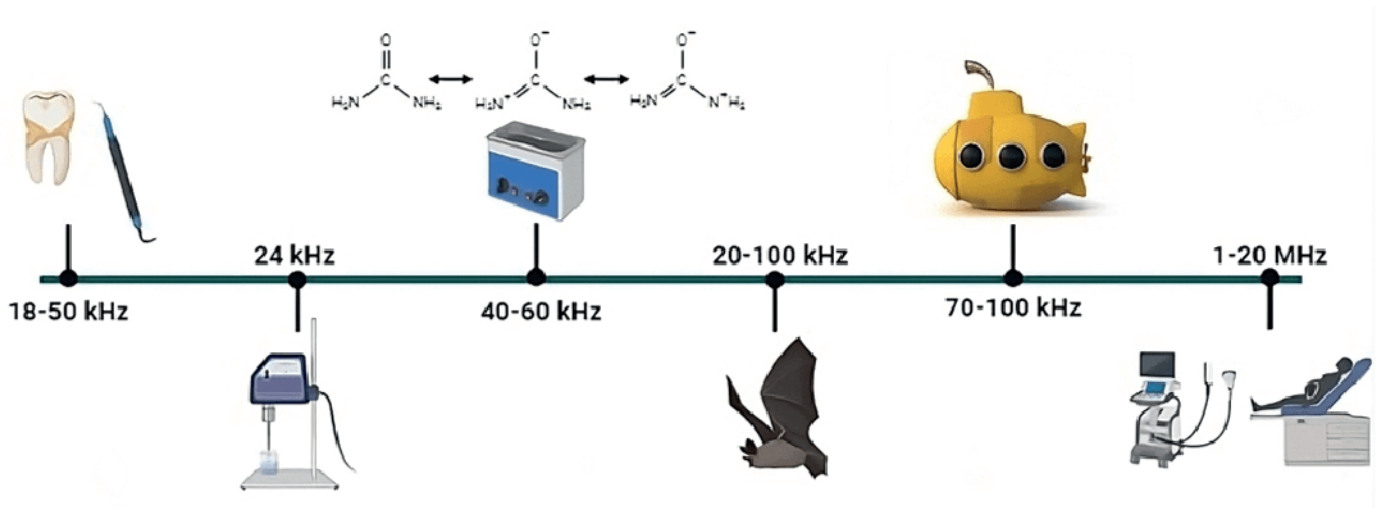


Figura 3. Frecuencia de ondas ultrasónicas de algunos dispositivos. Elaborado con BioRender.com.

Las ondas ultrasónicas en el área médica

Quizá la aplicación más conocida de las ondas ultrasónicas ocurre cuando una madre acude a los distintos controles necesarios durante el periodo de gestación. La imagen del bebé que se observa en la pantalla se obtiene mediante un ecógrafo. Esta técnica emplea ondas de alta frecuencia para la obtención de la imagen, por medio de la cual se puede evaluar el estado de salud del feto sin provocarle daño, e inclusive es posible conocer si es niño o niña, siempre y cuando la posición del feto lo permita al momento de generarse la imagen [6].

El ecógrafo tiene la particularidad de convertir la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, esto debido a que dentro de él hay uno o más cristales de cuarzo llamados cristales piezoeléctricos. Al aplicar una corriente eléctrica los cristales cambian de posición rápidamente, estos cambios generan vibraciones que son las responsables de producir las ondas de ultrasonido con un rango de frecuencia de 1-20 MHz. De este modo es como se utilizan para emitir y recibir ondas de sonido. Posteriormente, cuando el transductor se presiona contra la piel, dirige las ondas sonoras de alta frecuencia al cuerpo. Dado a que las ondas sonoras producidas por el aparato apenas pueden penetrar el aire, se aplica un gel sobre la piel para ayudar a minimizar interferencias entre el transductor y la piel. A medida que las ondas penetran en el cuerpo, se generan ecos sonoros a partir de los fluidos y tejidos del cuerpo debido a la reflexión y dispersión. El dispositivo registra la fuerza y el carácter de estas resonancias del sonido y, según el tipo de instrumento, se pueden transformar en imágenes en una, dos o tres dimensiones para el usuario (Figura 4) [6].

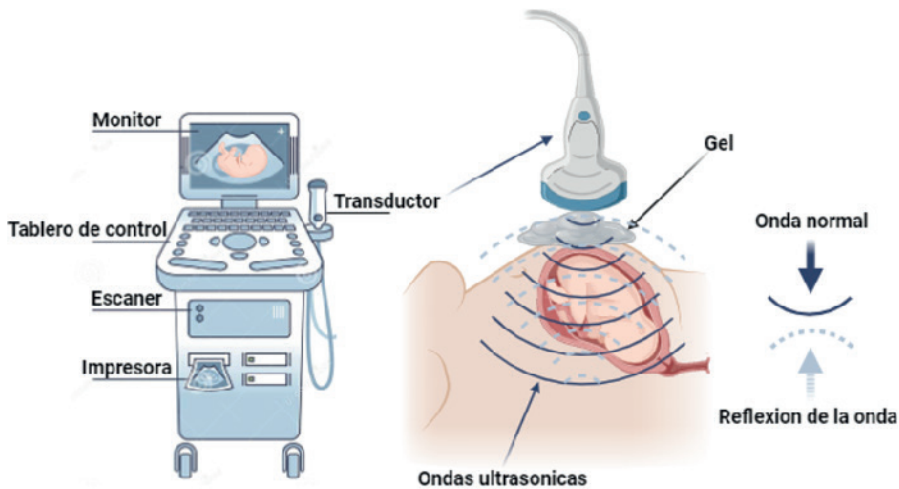


Figura 4. Partes de un ecógrafo y su funcionamiento. Elaborado con BioRender.com.

Las ondas ultrasónicas en industria alimentaria

Dependiendo de su intensidad, el ultrasonido se utiliza en industria alimentaria para la mezcla, homogeneización (que el alimento tenga la misma consistencia), emulsificación (mezclar dos líquidos inmiscibles), dispersión, conservación, estabilización (preservación de la consistencia, textura y calidad), disolución, cristalización, hidrogenación (genera grasas a partir de aceites), maduración, oxidación, como coadyuvante de sólidos, extracción de principios activos de diferentes matrices, así como, la desgasificación y atomización de preparados alimentarios. Específicamente en la homogeneización (Figura 5), el aparato que se utiliza, basa su funcionamiento como cualquier dispositivo emisor de ultrasonido con la particularidad de generar fuerzas de fricción, también conocidas como cizallamiento [7].

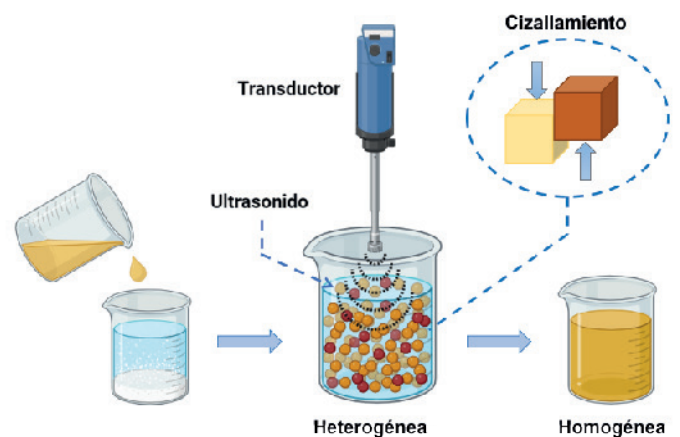


Figura 5. Homogeneización en industria alimentaria. Elaborado con BioRender.com.



Estas fuerzas producidas por las colisiones producen dispersiones y desaglomeración (hacen que los polvos se mezclen en líquidos de manera uniforme), emulsiones y suspensiones uniformes y homogéneas (mantienen los sólidos dispersos en líquidos en los cuales no se disuelven, como en los geles). Algunos ejemplos de alimentos que se procesan mediante ondas ultrasónicas son; embutidos, salsas, lácteos, bebidas, extracción de pulpa de fruta y vegetales, etc.

Las ondas ultrasónicas en limpieza

La limpieza dental ultrasónica emplea un aparato que emite ondas de ultrasonido potente (18-50 kHz) las cuales chocan con el sarro acumulado y la placa bacteriana fragmentándolos, sin dañar el esmalte dental (Figura 6) [8]. Por otro lado, existen infinidad de materiales que dejan de ser útiles debido a la gran cantidad de suciedad que se adhiere a sus superficies a causa del uso continuo o simplemente por el paso del tiempo. Estas piezas pueden limpiarse con un sonicador que genera ondas de ultrasonido producidas en una solución de limpieza en el que son sumergidas. Las fuerzas de tensión generadas por la cavitación (que es la producción e implosión de una burbuja formada por la propagación de una onda de ultrasonido en un medio líquido) rompen las uniones de todas las partículas alojadas en la superficie de las piezas. Este proceso garantiza la eliminación de la suciedad, grasa y aceite alojadas en las piezas, desprendiendo todo rastro de suciedad la cual queda disuelta en el fluido. De esta forma, la limpieza ultrasónica tiene un gran campo de utilidades, desde la limpieza de joyas, material sanitario, quirúrgico (previo a su esterilización) o en aparatos industriales.

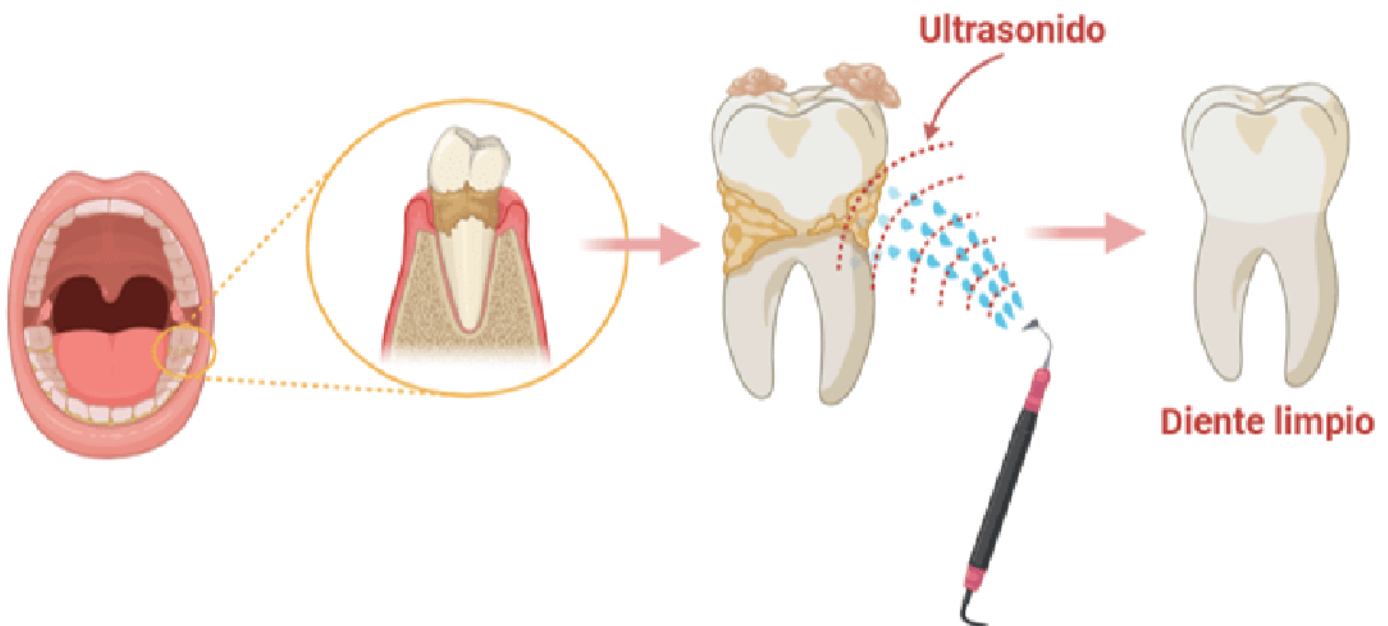


Figura 6. Limpieza dental ultrasónica. Elaborado con BioRender.com.

Las ondas ultrasónicas en investigación científica

Con el avance de la tecnología se ha podido entender el proceso de sonicación, o el uso de ondas sonoras de alta frecuencia para agitar líquidos. Este método de procesamiento ha sido aprovechado por el ser humano en el área química para llevar a cabo reacciones que en ocasiones difícilmente proceden con métodos convencionales. Estas aplicaciones han llevado al desarrollo de la Sonoquímica, la cual estudia la capacidad de la energía transportada por las ondas sonoras para provocar y acelerar reacciones y procesos químicos [9]. En agricultura, el ultrasonido, se aplica para aumentar la germinación de semillas, ya que contribuye a la absorción de agua y promueve el desarrollo del tejido vivo mejorando así el cultivo, además de su uso en la destrucción de bacterias, virus y hongos en las semillas y plantas.[10] En el tratamiento de desechos y aguas residuales, se utiliza la degradación ultrasónica, una tecnología innovadora

para la degradación de contaminantes orgánicos. En nanotecnología, el ultrasonido se emplea combinando micropartículas y nanopartículas versátiles para la terapia tumoral, como la terapia sonodinámica, que consiste en la combinación de un fármaco y un dispositivo de ultrasonido guiado por resonancia magnética para el tratamiento de tumores cancerosos [11]. Además, en el área de la medicina se investigan nuevas formas para utilizar las frecuencias ultrasónicas en diagnósticos más precisos y tratamientos más efectivos, enfocándose en la detección de tejidos cancerosos con mayor claridad y eliminar los tumores. En la industria, la investigación se centra en la mejora de los procesos productivos, con la finalidad de aumentar la eficiencia y reducir los costos. En cuanto a la tecnología, se enfoca en la miniaturización de los dispositivos de ultrasonido y en la mejora de la precisión y la potencia de las ondas generadas.

Las ondas ultrasónicas en investigación científica

Las tecnologías que emplean ondas ultrasónicas están en constante evolución y mejorando. En definitiva, la investigación del sonido que no se puede escuchar avanza de forma constante, abriendo nuevas posibilidades de aplicación en distintos campos y mejorando las técnicas existentes.

Referencias bibliográficas

- [1] Calderón, J., Marroquin, A., Luviano, L., Maqueda, V., Marín, E., & Calderón, A. (2019). Sonido, ultrasonido y cavitación. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13 (4): pp. 4311. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/339181934_Sonido_Ultrasonido_y_Cavitacion.
- [2] Zhabinskaya, D. (2023). Introduction to Waves. LibreTexts. https://phys.libretexts.org/Courses/University_of_California_Davis/UCD%3A_Physics_7C_-_General_Physics/8%3A_Waves/8.1%3A_Introduction_to_Waves
- [3] Kang, S., Hong, H., Rhee, C., Yoon, Y., & Kim, C. (2021). Directional Sound Sensor With Consistent Directivity and Sensitivity in the Audible Range. *Journal Of Microelectromechanical Systems*, 30(3): pp. 471-479. <https://doi.org/10.1109/jmems.2021.3067031>
- [4] Moore, O. (2023). Animals That Use Ultrasound and Infrasound- List Of Top 27 Animals. *Pets Health Mag.* <https://petshealthmag.com/animals-that-use-ultrasound-and-infrasound/>
- [5] Wong, J. (2022). Uses Of Ultrasonic Waves in Daily Life. *Beijing Ultrasonic.* <https://www.bjultrasonic.com/uses-of-ultrasonic-waves/>
- [6] Salomon, L. J., Alfirevic, Z., Bilardo, C. M., Chalouhi, G. E., Ghi, T., Kagan, K. O., Lau, T. K., Papageorghiou, A. T., Raine-Fenning, N. J., Stirnemann, J., Suresh, S., Tabor, A., Timor-Tritsch, I. E., Toi, A., & Yeo, G. (2012). ISUOG Practice Guidelines: performance of first-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound In Obstetrics And Gynecology*, 41(1): pp. 102-113. <https://doi.org/10.1002/uog.12342>
- [7] Kaur, G. J., Orsat, V., & Singh, A. (2021). An overview of different homogenizers, their working mechanisms and impact on processing of fruits and vegetables. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 63(14): pp. 2004-2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1969890>
- [8] Elbarbary, M., Sgro, A., Khazaei, S., Goldberg, M., & Azarpazhooh, A. (2022). The applications of ultrasound, and ultrasonography in dentistry: a scoping review of the literature. *Clinical Oral Investigations*, 26(3): pp. 2299-2316. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04340-6>
- [9] Manickam, S., Boffito, D. C., Flores, E. M., Leveque, J., Pflieger, R., Pollet, B. G., & Ashokkumar, M. (2023). Ultrasonics and sonochemistry: Editors' perspective. *Ultrasonics Sonochemistry*, 99: pp. 106540. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106540>
- [10] Pszczółkowski, P., & Sawicka, B. (2023). Ultrasound Application in Potato Cultivation: Potential for Enhanced Yield and Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 16(1): pp. 108. <https://doi.org/10.3390/su16010108>
- [11] Nowak, K. M., Schwartz, M. R., Breza, V. R., & Price, R. J. (2022). Sonodynamic therapy: Rapid progress and new opportunities for non-invasive tumor cell killing with sound. *Cancer Letters*, 532: pp. 215592. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2022.215592>