



Tomógrafo fotoacústico para la reconstrucción de imágenes

G. Misael Ruiz-Veloz¹, Gerardo Gutiérrez-Juárez¹, Luis Polo-Parada²

¹División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato

²Dalton Cardiovascular Research Center, Universidad de Missouri-Columbia

Resumen

El fundamento físico y principio matemático del problema inverso fotoacústico son presentados, seguido del uso de k-Wave, un toolbox de Matlab, que utiliza el método de inversión temporal para reconstruir la imagen de una muestra que ha sido escaneada con el uso de un tomógrafo fotoacústico sencillo y de bajo costo construido en el laboratorio. A su vez, las señales fotoacústicas adquiridas fueron procesadas mediante un método de deconvolución para obtener un estimado del coeficiente de absorción de las muestra estudiada.

Introducción

Generación de una onda de ultrasonido por una muestra ópticamente absorbente cuando ésta ha sido iluminada con radiación electromagnética.

$$\left[\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right] p = -\frac{\beta}{C_p} h(\vec{x}) \frac{dh(t)}{dt}$$

Solución para una muestra homogénea, plana y semi infinita, con $h(t)$ modelado como una Gaussiana:

$$p(\tau) = Ae^{\mu c(\tau+B)} \Pi_c(\tau - 1/2) + De^{-\mu c(\tau+B)} \Pi_c(\tau - 3/2)$$

El problema inverso fotoacústico se plantea como [2]:

$$\left[\nabla^2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right] p = 0$$

$$p(\vec{x}, T) = 0 \quad \left. \frac{\partial p}{\partial t} \right|_{t=T} = 0$$

$$p(\vec{y}, T - t) = g(\vec{y}, t) \quad T - t > 0$$

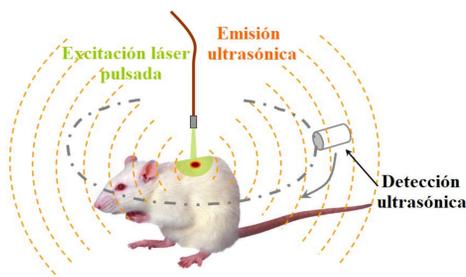


Figura 4. Esquema de la toma de datos en PAT [1].

Métodos

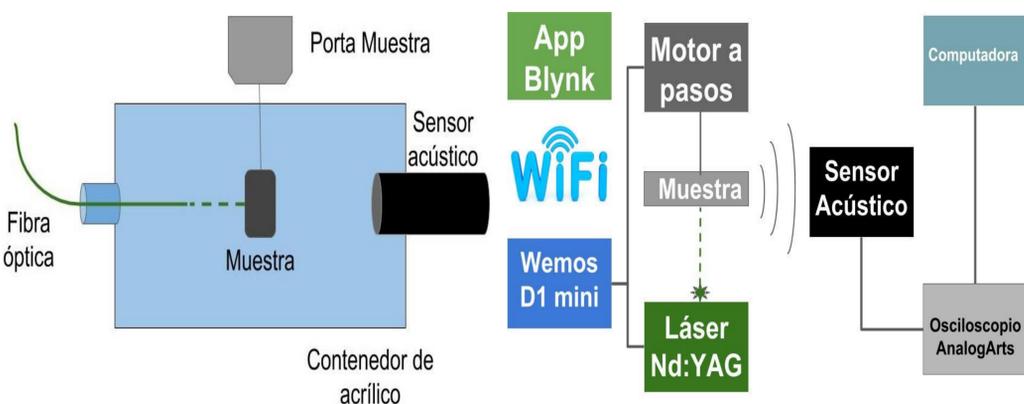


Figura 2. Representación esquemática y diagrama a bloques del funcionamiento del tomógrafo fotoacústico.

Resultados

Hueso de la pata delantera de una rata Sprague-Dawley.

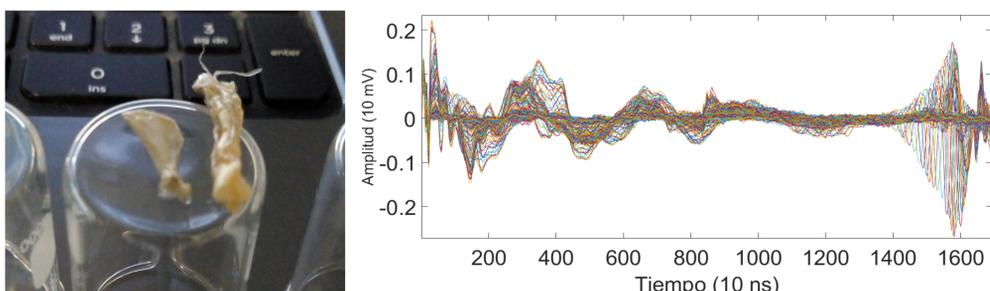


Figura 3. (Izquierda) Fotografía de la muestra estudiada. (Derecha) Presograma obtenido con el tomógrafo fotoacústico.

Las señales eléctricas adquiridas fueron procesadas con uso del software k-Wave para obtener la reconstrucción de la imagen fotoacústica [3].



Figura 4. (Izquierda) Imagen fotoacústica obtenida. (Centro) Imagen ecualizada. (Derecha) Esquema de la estructura de un hueso.

El fémur del animal fue analizado.

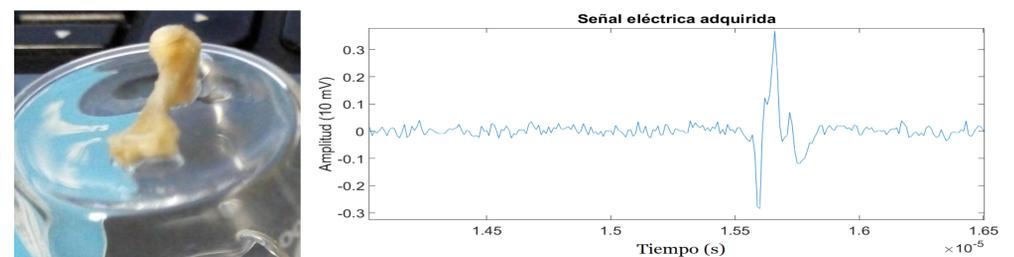


Figura 5. (Izquierda) Fotografía del fémur de rata. (Derecha) Señal fotoacústica obtenida.

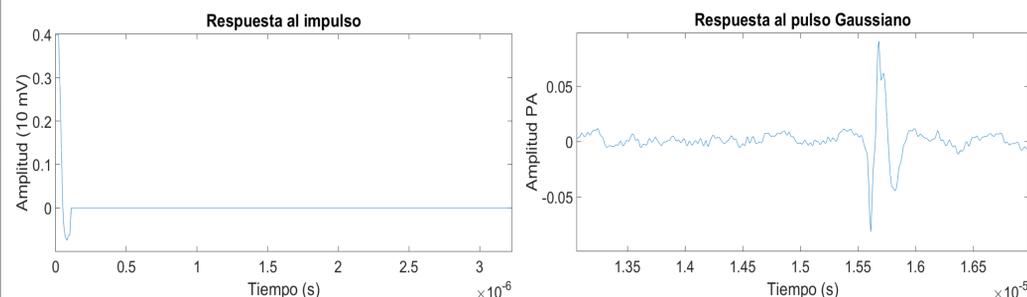


Figura 6. (Izquierda) Aproximación utilizada como respuesta al impulso. (Derecha) Respuesta obtenida.

El perfil exponencial de la señal fue aproximada a una función exponencial de la forma $Ae^{\mu x}$. El resultado del ajuste es $\mu = 1.12 \times 10^4 \text{ m}^{-1}$.

Conclusiones

La tomografía presentada permite reconstruir las imágenes de las muestras estudiadas, obteniendo información geométrica, y cuando la muestra es porosa, obteniendo información de la distribución interna de absorbentes.

El método presentado para obtener valores del coeficiente de absorción puede ser perfeccionado, el resultado obtenido es cercano a los valores reportados para tejidos biológicos. La fotoacústica cuantitativa es un problema abierto.

Una imagen fotoacústica y el conocimiento del coeficiente de absorción forman una poderosa herramienta de detección biomédica. A diferencia de los rayos X, la luz láser es radiación no ionizante.

Bibliografía

[1] Lihong V. Wang. Photoacoustic imaging and spectroscopy, CRC Press, 2009.

[2] Yulia Hristova et al. Reconstruction and time reversal in thermoacoustic tomography in acoustically homogeneous and inhomogeneous media. J. Inverse problems 24 055006

[3] Bradley E. Treeby, B. T. Cox. k-Wave: MATLAB toolbox for the simulation and reconstruction of photoacoustic wave fields. J. Biomedical Optics 021314.