



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Comparación entre la función de cole-cole y la función de debye para modelar el tejido biológico

Authors: CRUZ-ORDUÑA, María Inés, LÓPEZ-CALDERÓN, Hector Daniel, ESCALANTE-MARTÍNEZ, Jesús Enrique y CALDERÓN-RAMÓN, Celia María.

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2019-023
BCIERMMI Classification (2019): 241019-0023

Pages: 10
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

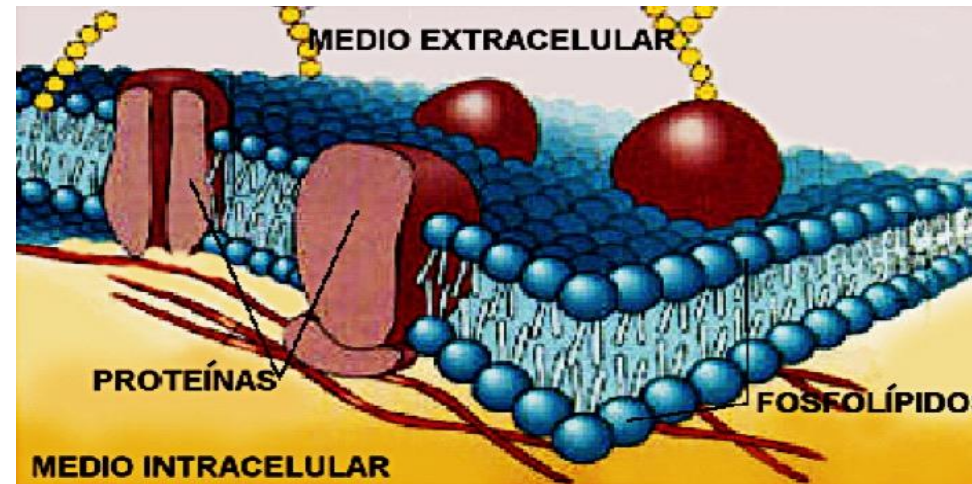
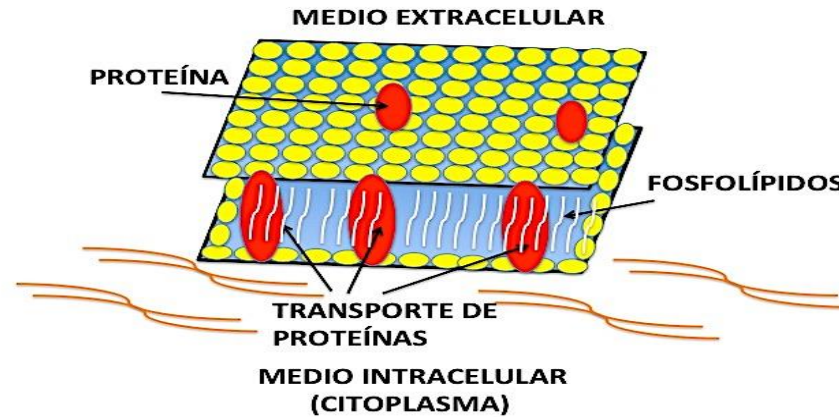
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic Republic
Spain	El Salvador	of Congo
Ecuador	Taiwan	Nicaragua
Peru	Paraguay	

CONCEPTOS BÁSICOS

- ✓ **EL TEJIDO BIOLÓGICO VARÍA SU COMPORTAMIENTO, EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA**
- ✓ **LAS FUNCIONES DE COLE-COLE, DEBYE SON LAS MÁS UTILIZADAS PARA ESTUDIAR LOS PARÁMETROS DE CONDUCTIVIDAD Y PERMITIVIDAD DE TEJIDO BIOLÓGICO TALES COMO: HÍGADO, ESTÓMAGO, MATERIA GRIS, PÁNCREAS, SANGRE, TEJIDO MAMARIO, ETC...**
- ✓ **DEPENDIENDO DE LA FRECUENCIA, SE PUEDE PRESENTAR TRES DIFERENTES TIEMPOS DE RELAJACIÓN, LOS CUALES DEPENDEN DE LA NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TEJIDO Y SU EFECTO ANTE LA PRESENCIA DE UNA SEÑAL ELECTROMAGNÉTICA.**
- ✓ **LA FUNCIÓN DE COLE-COLE ES LA MÁS ADECUADA CUANDO SE CONSIDERA REALIZAR UN ESTUDIO EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA, Y LA FUNCIÓN DE DEBYE SE ESTABLECE PARA REALIZAR EL ESTUDIO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.**

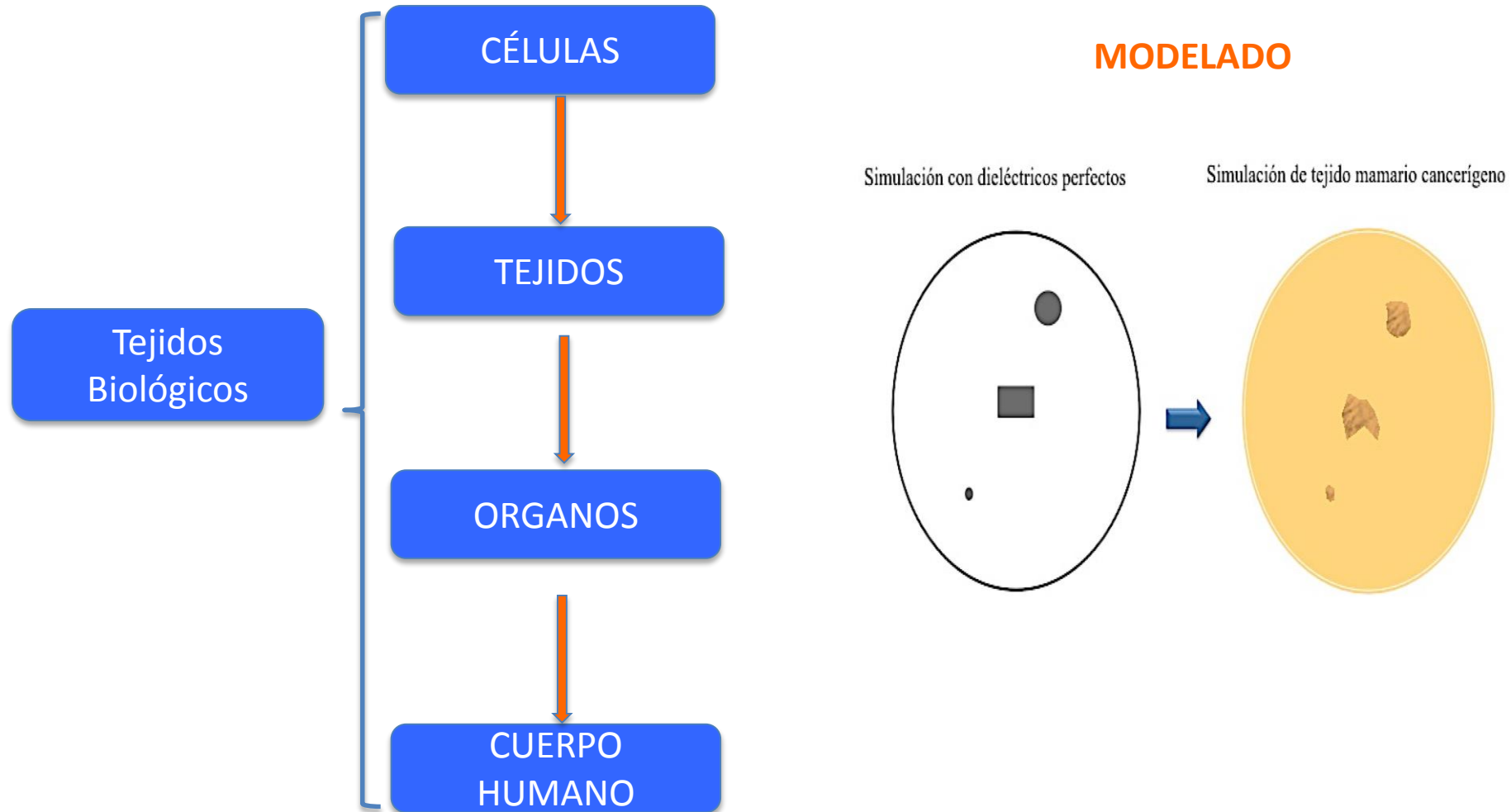
Los organismos vivos están compuestos por **TEJIDOS** y estos a su vez están compuestos por **CÉLULAS**.

La estructura de la membrana celular se basa en una **BICAPA LIPÍDICA** en la cual se encuentran distribuidas las **PROTEÍNAS**, permitiendo un **INTERCAMBIO IÓNICO**.



La membrana celular actúa precisamente como una **INTERFASE DIELECTRICA** y puede ser considerada como las **PLACAS DE UN CAPACITOR**.

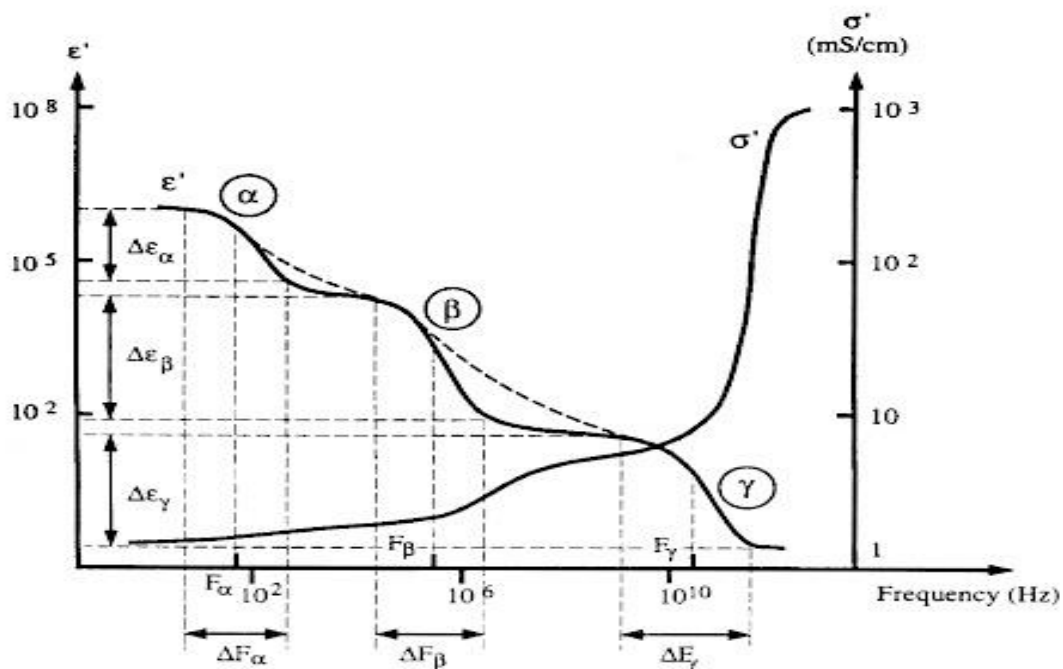
REPRESENTACIÓN DE LA DISCRETIZACIÓN DEL TEJIDO BIOLÓGICO



PARÁMETROS DE PERMITIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD VS LA FRECUENCIA

Cuando se aplica un CAMPO ELÉCTRICO VARIABLE, en el tejido biológico, al AUMENTAR LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN, existe la presencia de corrientes de desplazamiento a través de la pared celular, produciendo un efecto denominado FENÓMENO DE RELAJACIÓN (O DE DISPERSIÓN).

Este fenómeno de relajación en los tejidos biológicos es el resultado de la polarización de varios dipolos y del movimiento de las cargas que inducen un fenómeno de conducción, los portadores de cargas son principalmente iones y la fuente principal de dipolos son las moléculas polares del agua de los tejidos.



- ◆ La primera zona es la **DISPERSIÓN α** , es considerada para frecuencias inferiores a 100 Hz.
- ◆ La segunda zona es la **DISPERSIÓN β** , se considera para frecuencias entre decenas de KHz a decenas de MHz.
- ◆ La tercera zona es la **DISPERSIÓN γ** , considerada para frecuencias superiores a 10 a los 100 GHz, donde existe un **incremento significativo de la conductividad y un decremento de la permitividad**, debido a las pérdidas dieléctricas moleculares y a la polarización dieléctrica del agua contenida en el tejido.

FUNCIÓN DE COLE-COLE

- ❖ Esta función define la **PERMITIVIDAD** y la **CONDUCTIVIDAD** del tejido biológico, donde se observa la dependencia de la permitividad con respecto a la frecuencia, así como de la conductividad.
- ❖ Es considerada la mejor técnica de adaptación para describir los mecanismos de relajación en los tejidos biológicos en la gama de frecuencias de interés, es decir, 10 Hz-100 GHz.

$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + (j\omega\tau)^{1-\alpha}} - \frac{j\sigma_s}{\omega\varepsilon_0}$$

$$\sigma^*(\omega) = \sigma_\infty + \frac{\sigma_s - \sigma_\infty}{1 + (-j\omega\tau)^{1-\alpha}} + j\omega\varepsilon_s\varepsilon_\infty$$

Donde ε_∞ es la permitividad a alta frecuencia y ε_s es la permitividad a baja frecuencia, τ_c es tiempo de relajación, α es un parámetro empírico característico de la distribución de la frecuencia de relajación, σ_s es la conductividad a baja frecuencia, ω es la frecuencia de operación y ε_0 la permitividad del espacio libre. ¶

FUNCIÓN DE COLE-COLE

- ❖ Si se considera que el dieléctrico tiene más de una constante de relajación, la permitividad se puede expresar :

$$\begin{aligned}\varepsilon^* \omega = \varepsilon_\infty + \frac{j\sigma}{2\pi f \varepsilon_0} + \frac{\Delta_1}{(1 + j\omega\tau_1)^{1-\alpha_1}} + \frac{\Delta_2}{(1 + j\omega\tau_2)^{1-\alpha_2}} \\ + \frac{\Delta_3}{(1 + j\omega\tau_3)^{1-\alpha_3}} = \varepsilon' + j\varepsilon''\end{aligned}$$

Donde ε' es la parte real de la permitividad y ε'' es la parte imaginaria de la permitividad que representa las pérdidas y $\Delta\varepsilon_i = \varepsilon_s - \varepsilon_\infty$.

FUNCIÓN DE DEBYE

- ❖ Permite el cálculo de forma más sencilla, de la **PERMITIVIDAD** y la **CONDUCTIVIDAD**.
- ❖ Es adecuada para describir la dispersión de los tejidos **EN SOLO UN ESPECTRO DE FRECUENCIA**, en nuestro caso de la banda de frecuencias no ionizantes nuestro interés es en las microondas .
- ❖ El modelo de Debye, representa la permitividad considerando **solo una dispersión**.

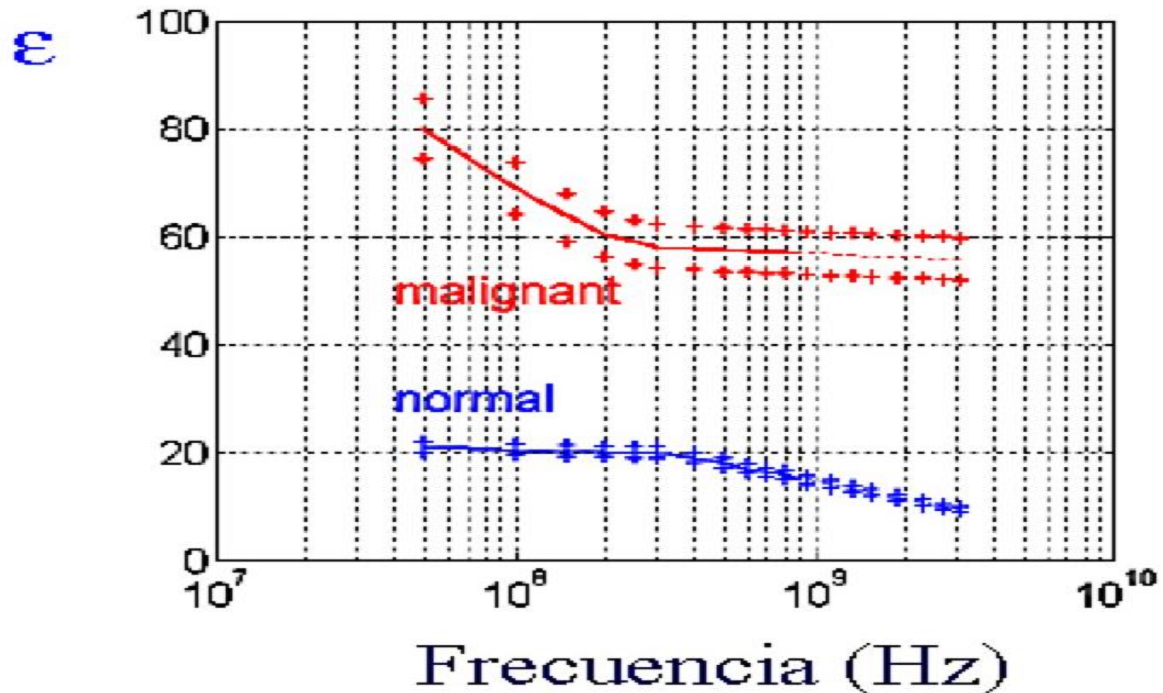
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + (j\omega\tau)} - \frac{j\sigma_s}{\omega\varepsilon_0}$$

$$\sigma^* = j\omega\varepsilon_0\varepsilon^* = \sigma_\infty + \frac{\sigma_s - \sigma_\infty}{1 + j\omega\tau} + j\omega\varepsilon_0\varepsilon_\infty$$

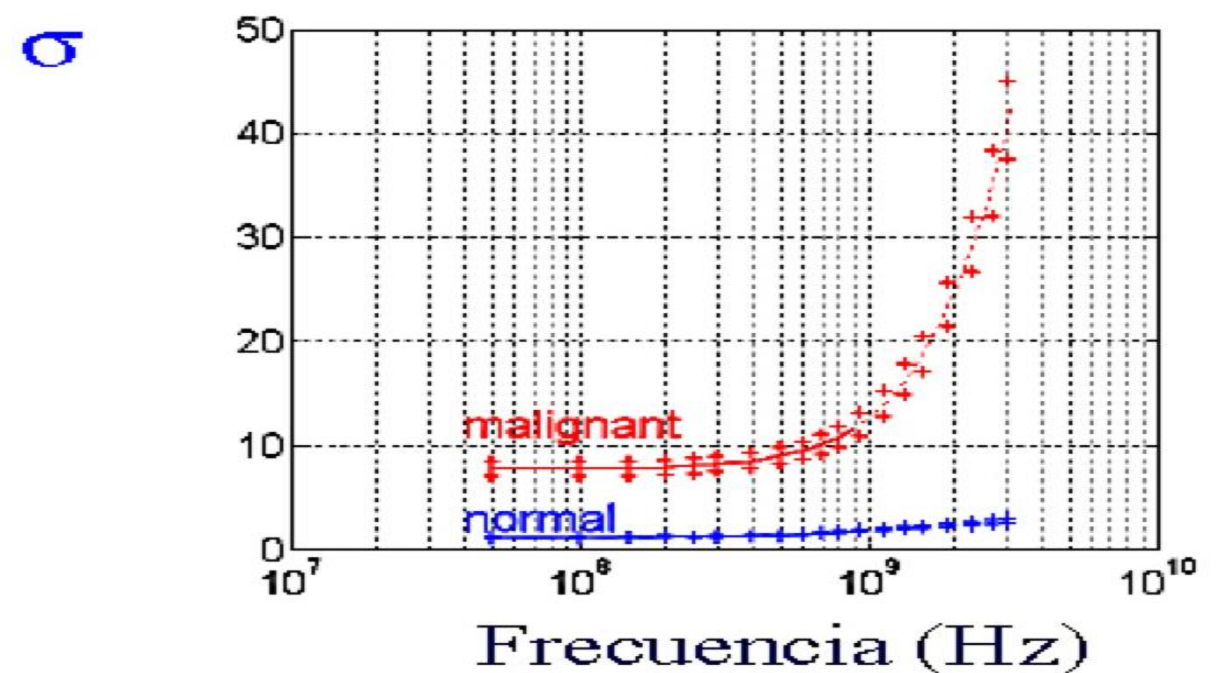
Se puede apreciar en la expresión de Debye que el valor α de la expresión de Cole-Cole es **igual a cero**.

La función de DEBYE permite determinar las propiedades físicas del tejido mamario en la frecuencia de los GHz, presentan un alto contraste dieléctrico entre tumores malignos y el tejido sano o normal.

PERMITIVIDAD ELECTRICA



CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

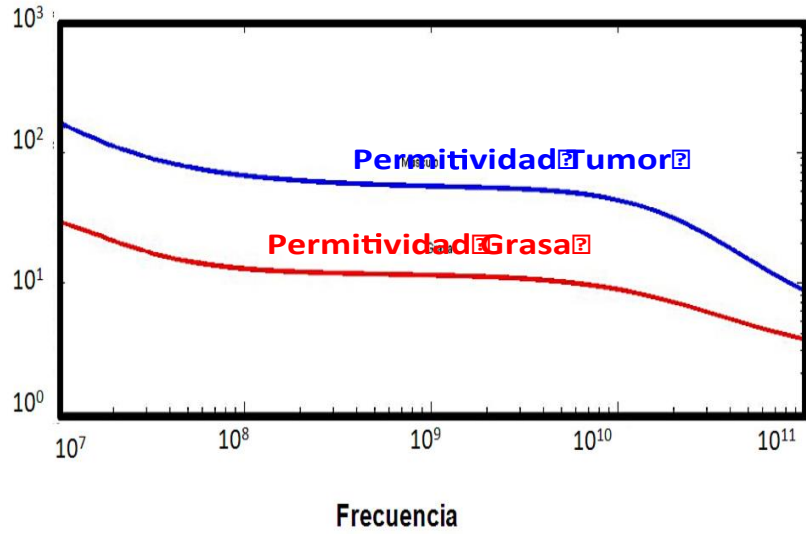


RESULTADOS

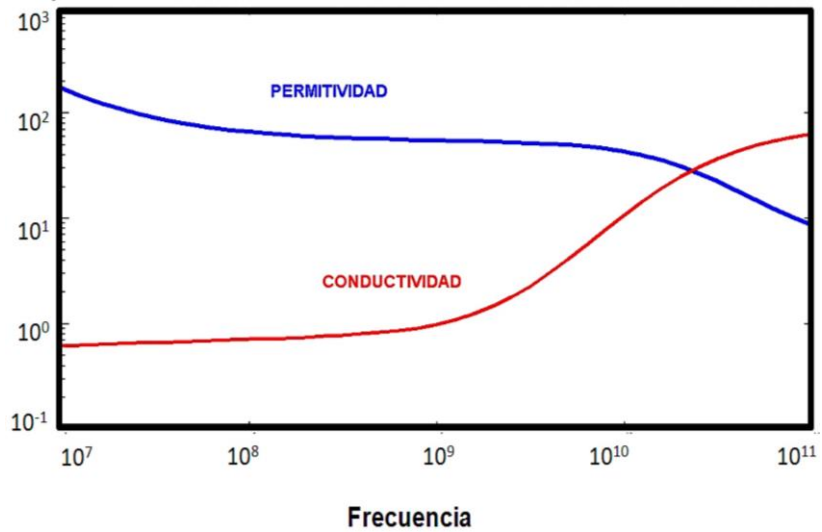
- Realizando una comparación entre estas dos funciones, se puede considerar en la función de Cole-Cole que es para un rango de frecuencias y diferentes dispersiones, en contraparte, Debye está definida para analizar solo una dispersión en un rango de frecuencias.
- Con el objetivo de analizar las funciones de Debye y Cole-Cole se consideraron como casos de estudio las propiedades del **tejido mamario: tumor y la grasa (tejido sano)**.

A continuación se presentan los resultados calculando la permitividad para el tumor y el tejido sano, del tejido mamario, en el rango de frecuencias de 1×10^7 a 1×10^{11} . Los parámetros considerados para un tumor del tejido mamario son $\epsilon_{\infty} = 7$, $\tau = 7 \times 10^{-12}$, $\Delta_i = 47$, $\sigma_s = 0.15$, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$. Se realiza el cálculo de la permitividad compleja $\epsilon^*(\omega)$ y de la conductividad.

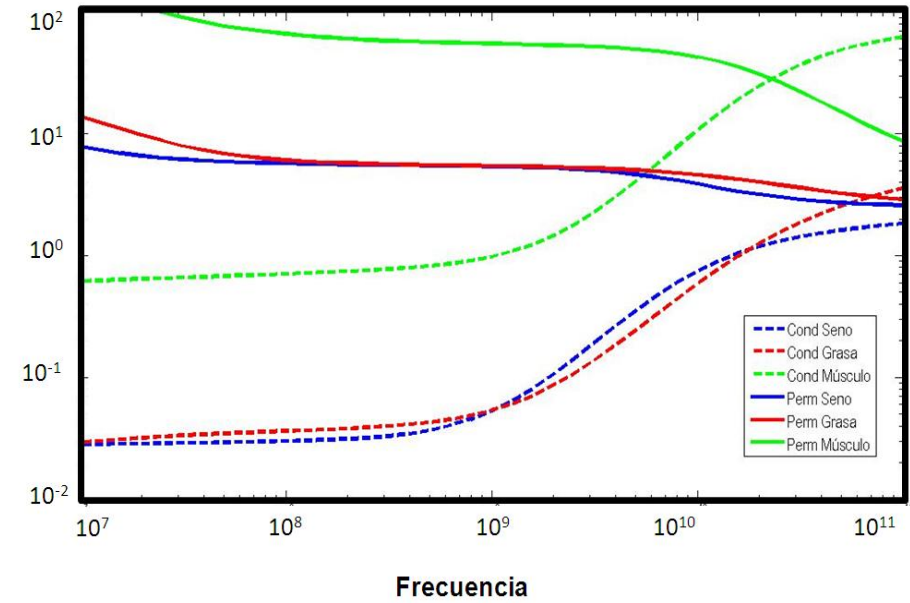
Permitividad del tumor y el tejido mamario sano



Permitividad y Conductividad de tumor



Permitividad y conductividad de los diferentes tejidos en un seno





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)