

The background of the cover is a deep blue color, overlaid with a complex pattern of light blue and white geometric shapes. These shapes include various sizes of gears, hexagons, and interconnected lines with small circular nodes, creating a technical and digital aesthetic.

Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E61 Entre ciencia e ingenieria / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-258-0040-0  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.400222903>

1. Ciências aplicadas. 2. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 601

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A palavra ciência vem do latim *scientia*, que significa conhecimento. Nos primórdios essa palavra (e sua origem latina) tinha o mesmo tipo de significado dado à filosofia, no sentido mais amplo do termo. Modernamente, por ciência entendemos um sistema de conhecimento obtido através de uma atividade de pesquisa organizada principalmente com procedimentos metódicos e rigorosos, combinando experimentação com raciocínio lógico baseado em um conjunto de axiomas. Seu objetivo é chegar a uma descrição provável, com caráter preditivo, da realidade e das leis que regulam o aparecimento dos fenômenos.






Já a engenharia é o uso de princípios científicos para projetar e construir máquinas, estruturas e outras entidades, incluindo pontes, túneis, estradas, veículos, edifícios, sistemas e processos. Aproveitar o acúmulo de conhecimento tecnológico para inovação, invenção, desenvolvimento e aprimoramento de técnicas e ferramentas para atender às necessidades e solucionar problemas técnicos das pessoas e da sociedade. O engenheiro se apoia nas ciências básicas (matemática, física, química, biologia, ciências econômicas e administrativas, ciências da engenharia, engenharia aplicada) tanto para o desenvolvimento de tecnologias, quanto para a gestão eficiente e produtiva dos recursos e forças da natureza para benefício da sociedade. A engenharia é uma atividade que transforma o conhecimento em algo prático.

Engenharia e Ciência caminham lado a lado pelo progresso da humanidade. É impossível dissociá-las. Neste livro temos uma diversidade de temas, níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE COLE EN TEJIDO TUMORAL: ESTUDIO IN-VIVO	
Nataly Patricia López Saquisilí	
Daniela Campo	
César Antonio Gonzáles Díaz	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229031">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229031</a>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
ALGORITMOS DE DEEP LEARNING PARA LA DETECCIÓN DE NEUMONÍA EN INFANTES A TRAVÉS DE IMÁGENES DE RADIOGRAFÍAS DEL TÓRAX	
Juan Carlos Valero Gómez	
Alex Peter Zúñiga Incalla	
Juan Carlos Clares Perca	
Diego Ismael Mamani Padilla	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229032">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229032</a>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE PARÁMETROS EN UN INVERNADERO	
Miguel Ángel Barrera Valdés	
Juan Barrera Valdés	
Julián Omar Baltazar Hernández	
José Rebrindanard Rubalcava López	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229033">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229033</a>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
EL ANÁLISIS DE CASO UNA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE INTEGRADA CON LA GAMIFICACIÓN CASO APLICACIÓN MÓDULO ESTRATEGIA DE CONTROL DE GESTIÓN Y KIMEM PM	
Marcia Ricardina Silva Flores	
Jaime Orellana Rebolledo	
Paula Vergara Harris	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229034">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229034</a>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
LA INNOVACIÓN SOCIAL EN EL MARCO DEL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE: EVALUACIÓN DEL PROYECTO TROPA VERDE EN SANTIAGO DE COMPOSTELA	
Matías Pino	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229035">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229035</a>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL AULA: UNA PROPUESTA BASADA EN LA INDAGACIÓN	
José Ramón Díez	
Claudia Pichot	
Unai Ortega-Lasuen	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229036">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002229036</a>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>70</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>71</b>

## ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE COLE EN TEJIDO TUMORAL: ESTUDIO IN-VIVO

*Data de aceite:* 01/02/2022

*Fecha de envío:* 09/01/2022

### **Nataly Patricia López Saquisilí**

Escuela de Ciencias Biológicas e Ingeniería,  
Universidad Yachay Tech  
Hacienda San José s/n, San Miguel de Urucuquí  
1001 19, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0001-6767-1245>

### **Daniela Campo**

Universidad Autónoma de Occidente, facultad  
de ingeniería  
Cali, Colombia  
<https://orcid.org/0000-0001-6460-6763>

### **César Antonio Gonzáles Díaz**

Instituto politécnico nacional Escuela superior  
de medicina  
Ciudad de México, México  
<https://orcid.org/0000-0003-0882-1439>

**ABSTRACT:** La espectroscopia de bioimpedancia se ha utilizado para evaluar y caracterizar la integridad de diferentes tejidos y órganos, así como para detectar alteraciones estructurales tisulares. Las alteraciones del modelo eléctrico de tejido como una influencia de la anisotropía de la estructura del tejido y su metabolismo intrínseco en la proliferación tumoral no se han entendido completamente. En este trabajo se estimaron los parámetros de Cole en tejido tumoral in vivo a través de mediciones de bioimpedancia, y se compararon con respecto a tejido sano contralateral a nivel

de piel y músculo. Los resultados indican una función de comportamiento no lineal de los parámetros de Cole a través del tejido tumoral, y tales no linealidades podrían estar asociadas a diferentes condiciones de inflamación, edema e hipervascularización, se requieren de estudios adicionales para constatar las observaciones.

**PALABRAS CLAVE:** Bioimpedancia, Cole, Tejido, Tumor.

### COLE PARAMETER ESTIMATION IN TUMOR TISSUE: IN-VIVO STUDY

**ABSTRACT:** Bioimpedance spectroscopy has been used to evaluate and characterize the integrity of different tissues and organs, as well as to detect structural tissue alterations. Tissue electrical pattern alterations as an influence of tissue structure anisotropy and its intrinsic metabolism on tumor proliferation have not been fully understood. In this work, Cole's parameters were estimated in tumor tissue in vivo through bioimpedance measurements and compared with respect to contralateral healthy tissue at the skin and muscle level. The results indicate a non-linear behavioral function of the Cole parameters across the tumor tissue, and such non-linearities could be associated with different conditions of inflammation, edema, and hypervascularization. Additional studies are required to verify the observations.

**KEYWORDS:** Bioimpedance, Cole, Tissue, Tumor.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La bioimpedancia se define como la oposición de los tejidos biológicos al paso de corriente (REGÜEIFEROS J C; DEL CAMPO E; NÚÑEZ A I; PLANAS M; CUBA M, 2021), su estimación requiere la aplicación de una señal eléctrica de magnitud constante y frecuencia variable al tejido de interés, midiendo la respuesta a dicho estímulo M. (GROSSI M; RICCÒ B, 2017). Está es una técnica no invasiva ampliamente utilizada en el campo de la salud, abarcando desde estimación de la composición corporal hasta detección de tejido tumoral (BERA T, 2014) (BLAD B; BALDETORP B, 1996). Esta técnica es aplicable gracias a las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos, que corresponden a arreglos tridimensionales de células conformadas por líquido intracelular, recubiertas por una membrana y que se encuentran inmersas en fluidos extracelulares (BERA T, 2014). Por su parte, la membrana celular es una bicapa lipídica con proteínas incrustadas que permiten el intercambio iónico entre el medio intra y extracelular, gracias a estas características moleculares la membrana actúa como una interfase dieléctrica y su comportamiento se asemeja al de un capacitor (SALAZAR Y, 2004). Por otro lado, la acción de un campo eléctrico sobre el tejido biológico conducirá a la polarización de estructuras, orientación de dipolos y generación de corrientes iónicas, esta respuesta dependerá de su composición y las características de sus estructuras (MONCADA M; SALDARRIAGA M; BRAVO A; PINEDO C, 2010).

Los tejidos biológicos presentan una disminución de la permitividad y un aumento de la conductividad con el aumento de frecuencia, dando lugar a 3 regiones de dispersión o relajación dieléctrica. La dispersión  $\alpha$  se encuentra a bajas frecuencias (1 Hz – 10 KHz) y se caracteriza por revelar una alta permitividad del tejido, lo que refleja el atrapamiento de cargas al interior de la célula. La segunda banda se denomina  $\beta$  y comprende frecuencias en el rango de los KHz hasta los MHz, esta dispersión es producto de la polarización interfacial de la membrana debido a su interacción con los electrolitos del medio. Por último, la región  $\gamma$  se presenta en el orden de los GHz y se debe principalmente al contenido acuoso de las especies biológicas (polarización de las moléculas de agua) (MIKLAVČIČ D; PAVŠELJ N; HART F, 2006) (IVORRA A, 2003). Las dispersiones  $\alpha$  y  $\beta$  son comúnmente estudiadas en aplicaciones médicas, pues presentan diferencias significativas entre el tejido sano y el patológico (FOSTER K; SCHWAN H, 1989).

Se han propuesto diversos circuitos eléctricos equivalentes que permiten modelar el comportamiento del tejido, uno de los más comunes es el propuesto por Cole (GRIMNES S; MARTINSEN O, 2005) (Fig. 1), compuesto por dos resistencias que simulan el medio extra e intracelular ( $R_1$  y  $R_2$ ), sumado a un elemento de fase constante (CPE) que modela la membrana como un capacitor imperfecto dependiente de la frecuencia. Cada uno de estos componentes tiene asociados ciertos parámetros que permiten la caracterización del tejido biológico. En este modelo las respuestas de impedancia tisular multifrecuencia

compleja tienen la forma de un arco circular con centros deprimidos de un círculo, cuando la reactancia tisular se representa como una función de la resistencia en serie equivalente en el plano de impedancia compleja. Este gráfico tiene un cruce de frecuencia en  $R_0$  y en el infinito  $R^\infty$ , estos arcos se modelan con la ayuda de un elemento de fase constante (CPE), y es el principio en el que se basa el modelo de impedancia de Cole (ecuación 1). En este trabajo utilizamos este modelo eléctrico para caracterizar tejido tumoral in vivo, se estimaron los parámetros de Cole en tejido tumoral y se compararon con tejido contralateral sano en piel y músculo esquelético.

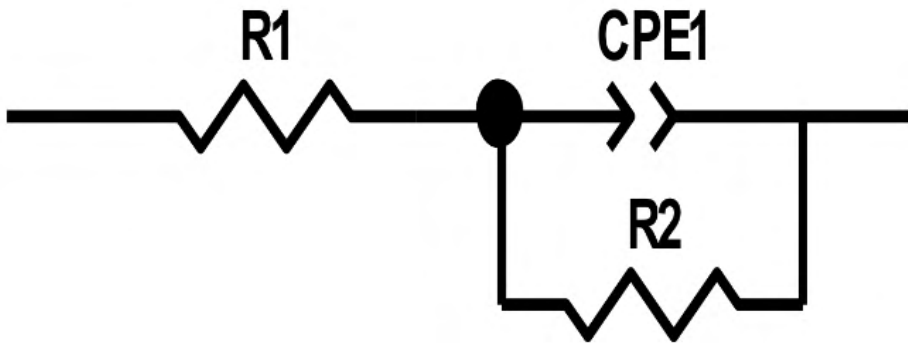


Fig. 1. Modelo eléctrico equivalente al comportamiento del tejido biológico.

## 2 | METODOLOGÍA

### A. Sujetos de prueba

Tres ratas Wistar con desarrollo tumoral espontáneo y de etiología desconocida fueron anestesiadas intraperitonealmente con pentobarbital sódico 2uL/gr (Cheminova M.R.). Dos electrodos de aguja fueron colocados peritumoralmente (fig. 2 A) y en tejido contralateral sano (fig. 2B). Se documentaron las dimensiones del tejido tumoral y la distancia de los electrodos en ambos casos de estudio.

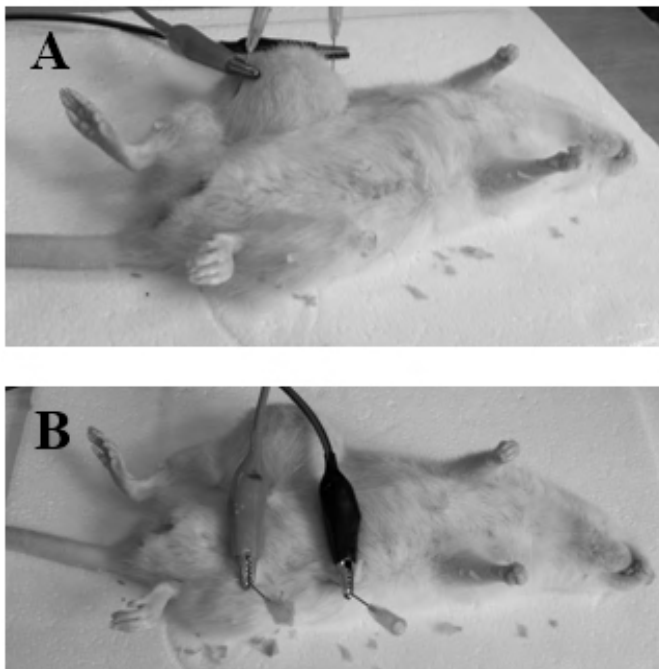


Fig. 2. Ubicación de electrodos para medición de bioimpedancia. (A) tejido tumoral y (B) tejido contralateral sano.

### B. Mediciones de bioimpedancia

Para realizar las mediciones de bioimpedancia se utilizó un analizador de impedancia Sciospec ISX3 en configuración de 2 puntos. Se aplicó una señal de excitación de 100 mV en un espectro de frecuencias desde 1 KHz hasta 1 MHz a 100 pasos espaciados logarítmicamente. Se realizaron 15 mediciones consecutivas para cada tipo de tejido evaluado en cada rata. Los datos fueron analizados de manera independiente en cada sujeto experimental, de tal forma que cada caso representó su propio mesurado control.

### C. Estimación de parámetros de Cole

Los datos experimentales de impedancia de 1KHz a 1 MHz se ajustaron heurísticamente a un modelo matemático de un CPE que permitirá modelar el comportamiento de impedancia de la interfaz electrodo-electrolito en serie con la ecuación de impedancia de Cole (1) (GRIMNES S; MARTINSEN O, 2005).

$$Z(\omega) = Z_{CPE}(\omega) + Z_{Cole}(\omega) = \left( \frac{1}{Q_0(j\omega)^n} \right) + \left( R_\infty + \frac{R_0 - R_\infty}{1 + (j\omega\tau)^\alpha} \right) \quad (1)$$

Donde  $\omega$  es la frecuencia angular (en rads / s),  $j$  es el número imaginario unitario,

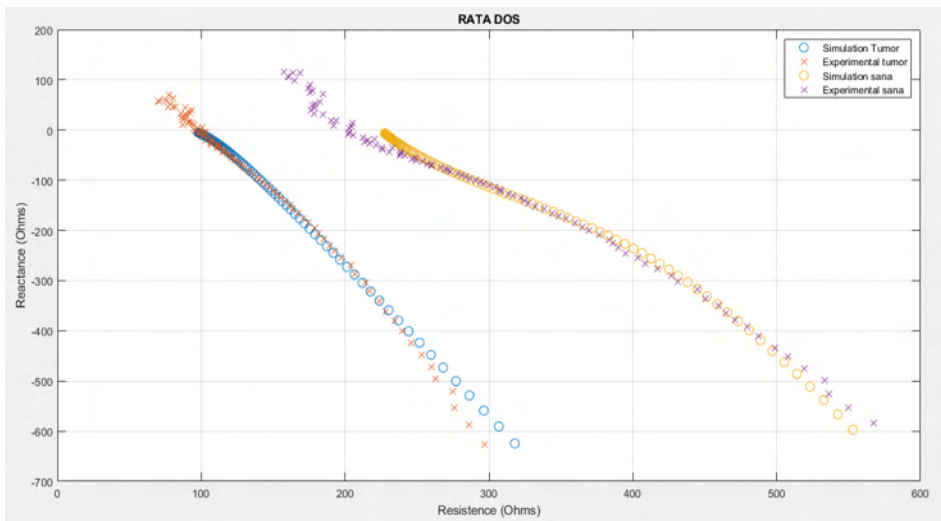
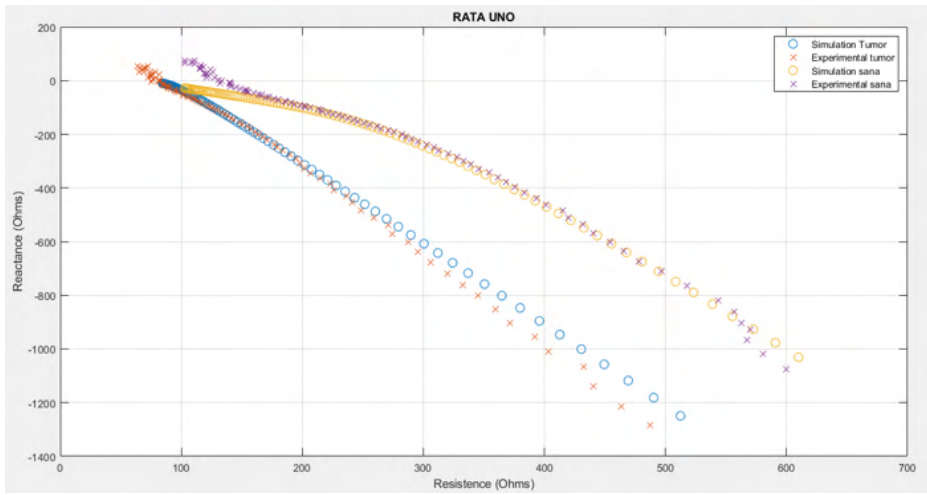
$R^\infty$  es la impedancia de la muestra a una frecuencia infinita,  $R_0$  es la impedancia de la muestra a frecuencia cero,  $\tau$  es el tiempo característico de la muestra y  $\alpha$  es un parámetro adimensional con un valor teórico entre 0 y 1. Al modelar el sistema celular como un circuito eléctrico, se obtiene la ecuación (1), que representa el medio extracelular como una resistencia y el medio intracelular como la combinación en paralelo y, a su vez, en serie con otra resistencia. Además de una capacitancia que representa la membrana celular. La interfaz electrodo-electrolito (ZCPE ( $\omega$ )) se modela mediante la ecuación que se usa comúnmente para modelar el comportamiento de un capacitor imperfecto. La capacidad  $Q_0$  y el parámetro adimensional  $n$ , al igual que en el caso del parámetro  $\alpha$ , pueden tener un valor teórico entre 0 y 1. Destacando que la ecuación es equivalente a un capacitor ideal cuando  $n$  es igual a 1.

### 3 | RESULTADOS

La figura 3 muestra los datos experimentales y su simulación ajustada al modelo matemático propuesto para los tres especímenes experimentales evaluados, los gráficos muestran el espectro de bioimpedancia en tejido tumoral en comparación con sus medición en tejido contralateral sano. En la tabla 1 se muestran los parámetros de Cole estimados para cada condición tisular, se evidencia un rango dinámico diferente para cada tejido, así como una respuesta no lineal en función de la condición tisular.

### 4 | DISCUSIÓN

En tejido tumoral, la hipervascularización y el proceso de inflamación conlleva edema y subsecuente acumulación de fluidos, por lo que el contenido iónico volumétrico promueve un incremento de la conductividad tisular, tal comportamiento puede ser evidente particularmente en el rango de dispersión  $\beta$  (KHz), por lo que el modelo inicial se convierte en un CPE en serie con el resistor ideal propuesto  $R_0$ , y  $R^\infty$  debe tener un valor similar. Tal considerando teórico es evidente en la linealidad del espectro que muestra tejido tumoral, en comparación con el semiarco que muestra tejido contralateral sano, el cuál mantiene el modelo teórico inicial propuesto. En principio, parece que el modelo matemático propuesto y la estimación de sus parámetros de Cole permiten explicar el comportamiento eléctrico de tejido tumoral, al menos en la parte baja de frecuencias exploradas, así, el modelo eléctrico propuesto puede ajustarse para la caracterización de tejidos, y los elementos RC deben considerarse en consecuencia de las características del tejido tumoral. Se justifican experimentos adicionales para verificar las observaciones.



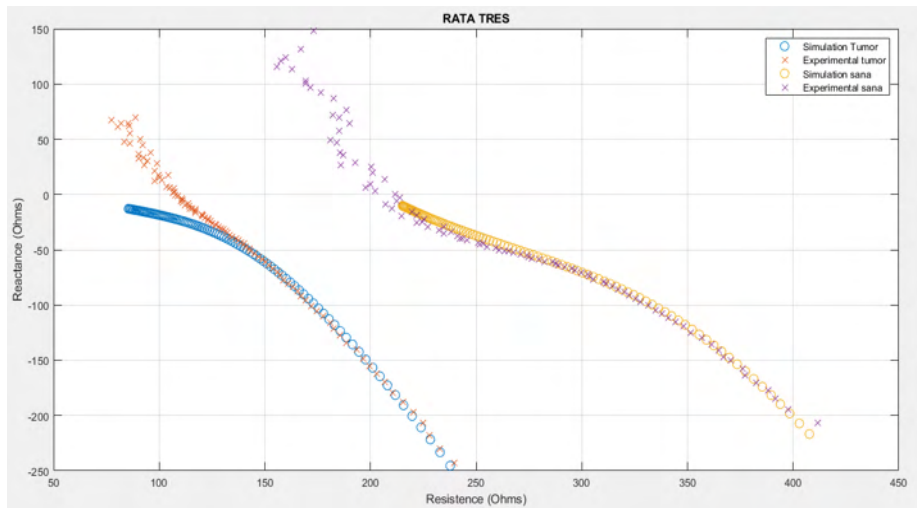


Figura 3. Gráfico de Nyquist para bioimpedancia multifrecuencia para datos experimentales y ajustados.

		$R_0(\Omega)$	$R_\infty(\Omega)$	$t(s)$	$\alpha (0-1)$	$Q_0(\Omega^{-1})$	$n (0-1)$
Rata 1	Sana	305	70	$0.5e-5$	0.48	$0.9e-6$	0.795
	Tumor	155	53	$0.5e-4$	0.15	$0.7e-6$	0.8
Rata 2	Sana	407	225	$0.2e-4$	0.75	$0.13e-5$	0.82
	Tumor	120	93	$0.5e-5$	0.45	$0.14e-5$	0.8
Rata 3	Sana	382	205	$0.2e-4$	0.52	$0.5e-5$	0.79
	Tumor	280	50	$0.12e-3$	0.25	$0.36e-5$	0.81

Tabla 1. Parámetros de Cole estimados para cada condición tisular.

## 5 | CONCLUSIONES

Los parámetros de Cole del modelo matemático propuesto estimados para tejidos tumoral y sano in vivo indican un comportamiento no lineal en ambas condiciones, y tales no linealidades podrían estar asociadas a diferentes factores que modulan el contenido iónico volumétrico. Los parámetros de Cole permiten modular tal comportamiento en el espectro de bajas frecuencias. Se requieren estudios adicionales y análisis histopatológicos para constatar las observaciones.

## RECONOCIMIENTO

Este trabajo representa una colaboración entre la “Universidad Autónoma de



Occidente, Cali, Colombia”, la “Universidad Yachay Tech, Ecuador”, y el “Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Medicina, México”. Proyecto financiado en parte por el Instituto Politécnico Nacional a través del grant No. SIP 0684 2021.

## REFERENCIAS

- BERA, T. **Bioelectrical Impedance Methods for Noninvasive Health Monitoring: A Review**. Journal of medical engineering. v. 2014, p. 1–28, Jun. 2014, doi: 10.1155/2014/381251.
- BLAD, B; BALDETORP. B. **Impedance spectra of tumour tissue in comparison with normal tissue; a possible clinical application for electrical impedance tomography**. Physiological Measurement. v. 17, p. A105-15, Nov. 1996, doi: 10.1088/0967-3334/17/4a/015.
- FOSTER, K; SCHWAN, H. **Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review**, *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, v. 17, n. 1, p. 25–104, 1989.
- GRIMNES, S; MARTINSEN, O. **Cole electrical impedance Model-a critique and an alternative**, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, v. 52, n. 1, p. 132–135, 2005, doi: 10.1109/TBME.2004.836499.
- GROSSI, M; RICCÒ, B. **Electrical impedance spectroscopy (EIS) for biological analysis and food characterization: a review**. Journal of sensors and sensor systems. v. 6, n. 2, p. 303–325, Ago. 2017, doi: 10.5194/jsss-6-303-2017.
- IVORRA, A. **Bioimpedance Monitoring for physicians: an overview**, Centre Nacional de Microelectrònica Biomedical Applications Group, v. 2, p. 1–35, 2003, Disponible em: [https://www.researchgate.net/publication/253563215\\_Bioimpedance\\_Monitoring\\_for\\_physicians\\_an\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/253563215_Bioimpedance_Monitoring_for_physicians_an_overview).
- MIKLAVČIČ, D; PAVŠELJ, N; HART, F. **Electric Properties of Tissues**, Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- MONCADA, M; SALDARRIAGA, M; BRAVO, A; PINEDO, C. **Medición De Impedancia Eléctrica En Tejido Biológico**, Rev. Tecnológicas, v. 25, n. 25, p. 51–76, 2010.
- REGÜEIFEROS, J. C; DEL CAMPO, E; NÚÑEZ A. I; PLANAS, M; CUBA, M. **Clinical and bioelectric characteristics determined by bioimpedance in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. Medisan, v. 21, n. 6, p. 703-709, 2017 Disponible em: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S102930192017000600009&lng=en&tling=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102930192017000600009&lng=en&tling=en). Acceso em: 17 jun. 2021.
- SALAZAR, Y. **Caracterización de tejidos cardíacos mediante métodos mínimamente invasivos y no invasivos basados en espectroscopia de impedancia eléctrica**. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2004.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Android 21, 22, 23, 25

Aula 3, 30, 57, 62, 64, 68

### B

Bioimpedancia 1, 2, 4, 5, 7

### C

Capacitación 24, 57, 58

Cole 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8

COLE 3, 1

Cultivos 21

CULTIVOS 21, 24

### D

Deep learning 3, 9, 10, 12, 19

### E

Estrategias metodológicas 26, 30, 31

### G

Gamificación 34

GAMIFICACIÓN 3, 26, 30, 31, 32, 34, 39, 40

Gestión riesgo inundación 57

### I

Indagación 3, 57, 59, 62, 63, 68

Innovación social 3, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 55, 56

Invernadero 21, 24

INVERNADERO 3, 21, 22, 24

### N

Neumonía infantil 9

### P

Parámetros 7, 21

PARÁMETROS 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 19, 21, 24

Participación ciudadana 41, 52

Proyectos 33

PROYECTOS 26, 31, 33, 36

## **R**

Resultados de aprendizaje 26, 30, 31

## **S**

Secuencia didáctica 5, 26, 31, 38, 57, 64

Sostenibilidad urbana 41, 43, 53, 54

## **T**

Tejido 1, 8

TEJIDO 3, 1, 2, 3, 4, 5

Tumor 1, 7

TUMOR 1

## **X**

Xception 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19




Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



Entre  
CIENCIA  
e  
INGENIERIA

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)