



Caracterización Eléctrica de tejido endocervical para Determinar Lesión Neoplasica de Cuello Uterino

Sandra Patricia Corzo Mantilla

Director

PhD. David Alejandro Miranda Mercado

Codirector

PhD. Carlos Augusto González Correa



Índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

2 Metodología

3 Resultados

4 Conclusiones



Introducción



El cáncer de cuello uterino es considerado un problema de salud pública en el mundo.

Las campañas de prevención logran mejores resultados en países desarrollados que en países en vía de desarrollo.

International Agency for Research on Cancer

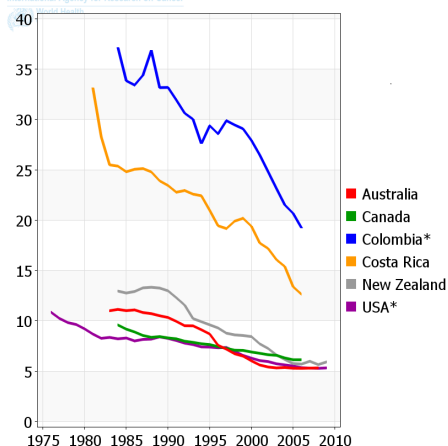


Figura 1: Incidencia de cáncer cervical (GLOBOCAN 2012)



1 Introducción

- Técnicas diagnósticas
 - Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)
 - EIE y tamizaje de tejido cervical
 - Hipótesis del efecto de campo carcinógeno
 - Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Introducción

Técnicas diagnósticas

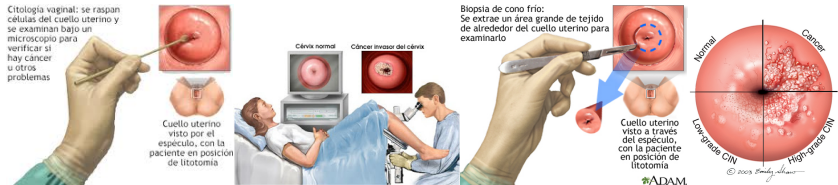


Figura 2: Técnicas diagnósticas tradicionales(www.adameducation.com)



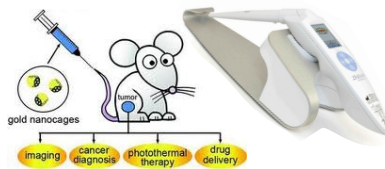
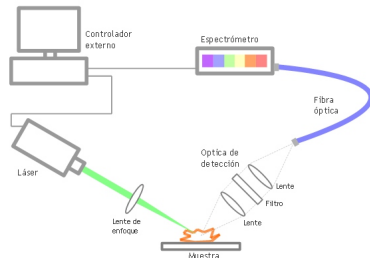
Introducción

Técnicas diagnósticas



Algunas técnicas diagnósticas alternativas son:

- Espectroscopia de fluorescencia inducida por láser
- Técnicas que implementan el uso de nano - partículas
- Caracterización de tejido a partir de sus propiedades eléctricas





índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

- Técnicas diagnósticas
- Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)
- EIE y tamizaje de tejido cervical
- Hipótesis del efecto de campo carcinógeno
- Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Introducción

Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)



La EIE consiste en medir la resistividad eléctrica compleja de un material a múltiples frecuencias, para esto, se excita el material con una señal de corriente que varía en función de la frecuencia.

El campo eléctrico se relaciona con la densidad de corriente en el material por medio de la conductividad eléctrica,

$$\vec{E} = \sigma \vec{J} \quad (1)$$

La conductividad eléctrica está determinada por:

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{1 - j\omega\tau_D} \quad (2)$$

Donde σ_0 es la conductividad en DC, $\omega = 2\pi f$ y $j^2 = -1$

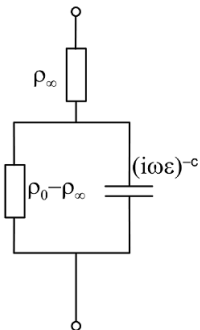


Introducción

Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)



Para describir las propiedades de materiales dieléctricos con pérdidas suele utilizarse el modelo de Cole - Cole.



$$\rho = \rho_{\infty} + \frac{\rho_0 - \rho_{\infty}}{1 - (j\omega\tau)^c} \quad (3)$$

En esta ecuación ρ_0 es la resistividad a baja frecuencia, ρ_{∞} es la resistividad a alta frecuencia y $\tau = \varepsilon(\rho_0 - \rho_{\infty})^{1/c}$ es el tiempo de relajación.

Figura 3: Circuito equivalente al modelo de Cole-Cole [?]



índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

- Técnicas diagnósticas
- Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)
- EIE y tamizaje de tejido cervical
- Hipótesis del efecto de campo carcinógeno
- Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Introducción

EIE y tamizaje de tejido cervical



Durante su transición de normal a cancerígeno, el tejido cervical intraepitelial sufre una serie de cambios estructurales y fisiológicos que se ven reflejados en sus propiedades eléctricas.

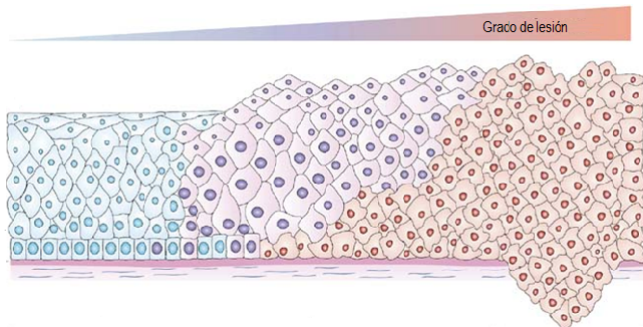


Figura 4: Neoplasia Intraepitelial [?]



índice

Contenido de la presentación



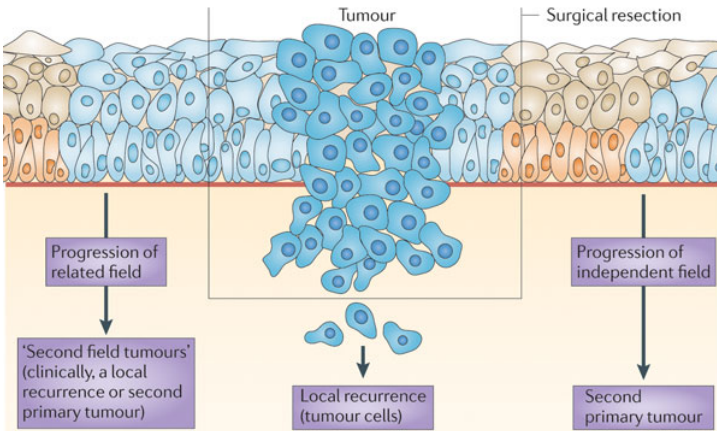
1 Introducción

- Técnicas diagnósticas
- Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)
- EIE y tamizaje de tejido cervical
- Hipótesis del efecto de campo carcinógeno
- Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Introducción

Hipótesis del efecto de campo carcinógeno



Nature Reviews | Cancer

Figura 5: Tumores multifocales [?]



índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

- Técnicas diagnósticas
- Espectroscopia de impedancia eléctrica (EIE)
- EIE y tamizaje de tejido cervical
- Hipótesis del efecto de campo carcinógeno
- Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



La teoría de medio efectivo establece que un medio inhomogéneo puede ser reemplazado por un medio homogéneo equivalente que macroscópicamente responde a perturbaciones externas de la misma forma que el medio original.

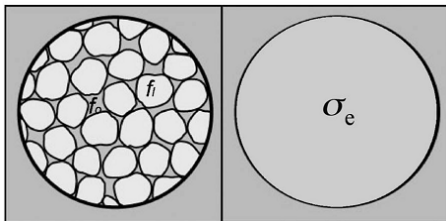


Figura 6: Esquema de un modelo heterogéneo y su correspondiente modelo efectivo [?]



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



En el marco de la teoría de medio efectivo, un medio heterogéneo puede ser modelado como la superposición de un medio base de conductividad homogénea $\hat{\sigma}_b$ con incrustaciones de conductividad $\Delta\hat{\sigma}(\mathbf{r})$ cuya conductividad efectiva puede se expresada como:

$$\hat{\sigma}(\mathbf{r}) = \hat{\sigma}_b + \Delta\hat{\sigma}(\mathbf{r}). \quad (4)$$



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Postulados fundamentales de la teoría de medio efectivo :

- El medio homogéneo efectivo está sujeto a un campo eléctrico $\mathbf{E}^b$ que es igual al promedio del campo original aplicado:

$$\mathbf{E}^b = \langle \mathbf{E} \rangle = V^{-1} \iiint_V \mathbf{E}(\mathbf{r}) dv \quad (5)$$

- La distribución de la densidad de corriente del medio efectivo es igual al promedio de la densidad de corriente del medio original:

$$j_e = \hat{\sigma}_e \cdot \mathbf{E}^b = \hat{\sigma}_e \langle \mathbf{E} \rangle = \langle \hat{\sigma} \cdot \mathbf{E} \rangle \quad (6)$$



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Zhdanov consideró una formación rocosa heterogénea como un modelo compuesto formado por un medio homogéneo e isotrópico con tensor de conductividad compleja $\hat{\sigma}_0$, en el que se alojan N clases de granos con diferente forma, orientación, tamaño a_l , y conductividad $\hat{\sigma}_l$.

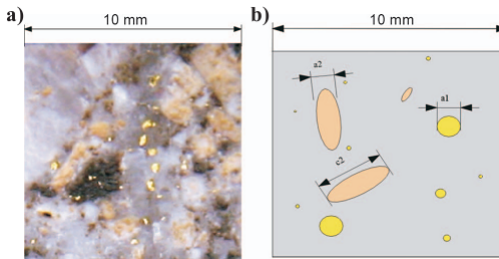


Figura 7: a) Muestra de formación rocosa. b) Esquema modelo compuesto. [?]



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Asumiendo que la fracción de volumen ocupada por el medio homogéneo es f_0 y la ocupada por todas las incrustaciones del l -ésimo tipo es f_l :

$$\hat{\sigma}(\mathbf{r}) = \begin{cases} \hat{\sigma}_0 & \text{para la fracción de volumen } f_0 = (1 - \sum_{l=1}^N f_l) \\ \hat{\sigma}_l & \text{para la fracción de volumen } f_l. \end{cases} \quad (7)$$

Adicionalmente asume campos externos relativamente pequeños de manera que el potencial cumple:

$$\Delta u = k(\mathbf{n} \cdot \mathbf{j}) \quad (8)$$

Donde k es un factor de polarizabilidad superficial, $\mathbf{n}$ es un vector unitario normal a la superficie y $j^2 = -1$.



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)

Universidad
Industrial de
Santander



El campo eléctrico total puede ser expresado como:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = (\hat{\mathbf{I}} + \hat{\boldsymbol{\lambda}}(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{E}^b \quad (9)$$

Donde $\hat{\boldsymbol{\lambda}}$ es un tensor de reflectividad eléctrica.

Reemplazando las ecuaciones (8) y (4) en (6) se obtiene:

$$\mathbf{j}_e = \hat{\boldsymbol{\sigma}}_e \cdot \mathbf{E}^b = \hat{\boldsymbol{\sigma}}_b \cdot \mathbf{E}^b + \langle \hat{\mathbf{m}} \rangle \cdot \mathbf{E}^b \quad (10)$$

Es decir:

$$\hat{\boldsymbol{\sigma}}_e = \hat{\boldsymbol{\sigma}}_b + \langle \hat{\mathbf{m}} \rangle. \quad (11)$$

En este caso $\hat{\mathbf{m}}$ es un tensor que depende de las propiedades del material y está definido como $\hat{\mathbf{m}}(\mathbf{r}) = \Delta \hat{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{r}') \cdot (\hat{\mathbf{I}} + \hat{\boldsymbol{\lambda}}(\mathbf{r}'))$.



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)

Universidad
Industrial de
Santander



El campo eléctrico generado en el medio, por las corrientes inducidas dentro de las incrustaciones con conductividades anómalas $\Delta\hat{\sigma}(\mathbf{r})$ puede ser expresado como:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}^b + \iiint_V \hat{\mathbf{G}}_b(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \cdot [\Delta\hat{\sigma}(\mathbf{r}') \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}')] dv' \quad (12)$$

Donde $\hat{\mathbf{G}}(\mathbf{r}/\mathbf{r}') = \nabla \cdot \nabla' g_b(\mathbf{r}/\mathbf{r}') = \nabla \cdot \nabla' \frac{1}{4\pi\sigma_b|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|}$, es un tensor de Green.



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)

Universidad
Industrial de
Santander



Los efectos de polarizabilidad debidos a la polarización superficial de las incrustaciones, pueden ser expresados como

$$\mathbf{E}^P(\mathbf{r}) = \nabla \iint_S \nabla' g_b(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \sigma_b \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}') \Delta u ds' \quad (13)$$

Aquí $\mathbf{M}_s = \Delta u \mathbf{n}$ es la densidad de momento dipolar eléctrico de la doble capa formada cerca de la superficie de la anomalía.



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



De manera que el campo eléctrico total será:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{E}(\mathbf{r}) = & \mathbf{E}^b + \iiint_{\mathbf{V}} \hat{\mathbf{G}}(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \cdot [\hat{\mathbf{m}}(\mathbf{r}') \cdot \mathbf{E}^b] dv' \\
 & + \iint_{\mathbf{S}} \hat{\mathbf{G}}_b(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}') \times (\mathbf{n}(\mathbf{r}') \cdot \hat{\xi}(\mathbf{r}') \cdot [\hat{\mathbf{m}}(\mathbf{r}') \cdot \mathbf{E}^b]) ds'
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Donde $\hat{\xi}(\mathbf{r}')$ es el tensor conductividad relativa de una incrustación.



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Asumiendo que los tensores $\hat{\mathbf{m}}(\mathbf{r}')$ y $\hat{\xi}(\mathbf{r}')$ son constantes dentro del volumen V_I acotado por la superficie S_I : $\hat{\mathbf{m}}(\mathbf{r}') = \hat{\mathbf{m}}_I$ y $\hat{\xi}(\mathbf{r}') = \hat{\xi}_I$ para $\mathbf{r}' \in V_I$, puede calcularse el campo eléctrico de cada grano como:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_I(\mathbf{r}) = & \iiint_{V_I} \hat{\mathbf{G}}(\mathbf{r}/\mathbf{r}') dv' \cdot \hat{\mathbf{m}}_I \cdot \mathbf{E}^b \\ & + \iint_{S_I} \hat{\mathbf{G}}_b(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}') \mathbf{n}(\mathbf{r}') ds' \cdot \hat{\xi}_I \cdot \hat{\mathbf{m}}_I \cdot \mathbf{E}^b ds' \quad (15) \end{aligned}$$



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



Substituyendo tensores de polarizabilidad superficial y volumétrica:

$$\hat{\mathbf{p}}(\mathbf{r}') = \boldsymbol{\Gamma}_I^{-1} \cdot \boldsymbol{\Lambda}_I \cdot \hat{\boldsymbol{\xi}}(\mathbf{r}') \quad \hat{\mathbf{q}}(\mathbf{r}') = [\hat{\mathbf{I}} + \hat{\mathbf{p}}(\mathbf{r}')] \cdot \hat{\mathbf{m}}(\mathbf{r}') \quad (16)$$

Donde los tensores de depolarización son:

$$\boldsymbol{\Gamma}_I = \iiint_V \mathbf{G}(\mathbf{r}/\mathbf{r}') dV'; \quad \boldsymbol{\Lambda}_I = \iint_S \mathbf{G}(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \cdot \mathbf{n}(\mathbf{r}') \mathbf{n}(\mathbf{r}') ds' \quad (17)$$

El campo total puede ser expresado como:

$$\mathbf{E}_I(\mathbf{r}) = \mathbf{E}^b + \iiint_V \hat{\mathbf{G}}(\mathbf{r}/\mathbf{r}') \hat{\mathbf{q}}(\mathbf{r}') dV' \cdot \mathbf{E}^b \quad (18)$$



Introducción

Teoría Generalizada del Medio Efectivo de la Polarización Inducida (GEMTIP)



De esta manera el tensor $\hat{\mathbf{m}}$ queda expresado como:

$$\hat{\mathbf{m}} = [\hat{\mathbf{I}} + \hat{\mathbf{p}}^{-1}] \hat{\mathbf{q}}; \quad \langle \hat{\mathbf{m}} \rangle = \langle [\hat{\mathbf{I}} + \hat{\mathbf{p}}^{-1}] \hat{\mathbf{q}} \rangle \quad (19)$$

Reemplazando la ecuación (14) en (??) se obtiene una expresión para calcular la conductividad efectiva de cualquier medio compuesto polarizado:

$$\hat{\sigma}_e = \hat{\sigma}_b + \langle [\hat{\mathbf{I}} + \hat{\mathbf{p}}]^{-1} \hat{\mathbf{q}} \rangle = \hat{\sigma}_b + [\hat{\mathbf{I}} + \hat{\mathbf{p}}_0]^{-1} \hat{\mathbf{q}}_0 f_0 + \sum_{l=1}^N [\hat{\mathbf{I}} + \hat{\mathbf{p}}_l]^{-1} \hat{\mathbf{q}}_l f_l \quad (20)$$



Índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

2 Metodología

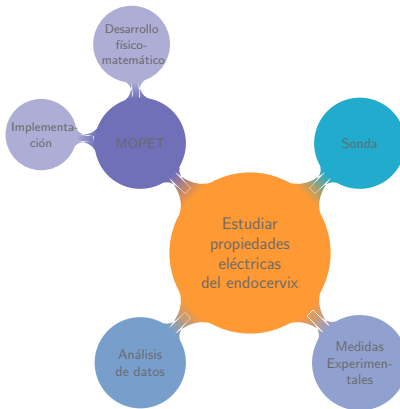
3 Resultados

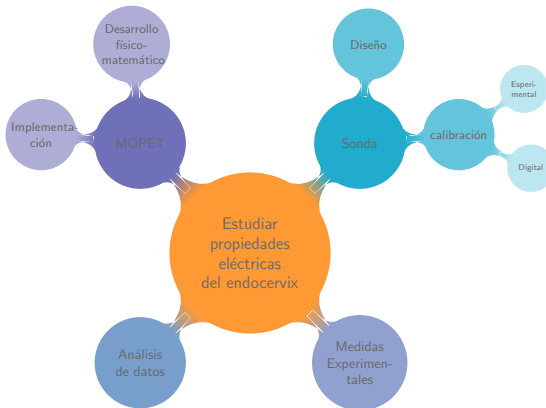
4 Conclusiones



Estudiar
propiedades
eléctricas
del endocervix













Índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

2 Metodología

3 Resultados

4 Conclusiones



índice

Contenido de la presentación



3 Resultados

- Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)
- Diseño y calibración de la sonda de medición
- Propiedades eléctricas de tejido vegetal
- Propiedades eléctricas de tejido cervical



Resultados

Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)

- N Número de capas
 ρ_0 Resistividad medio extracelular
 ρ_l Resistividad medio intracelular l -ésima capa
 a_l Radio células l -ésima capa
 f_l fracción de volumen l -ésima capa
 f_0 fracción de volumen medio extracelular

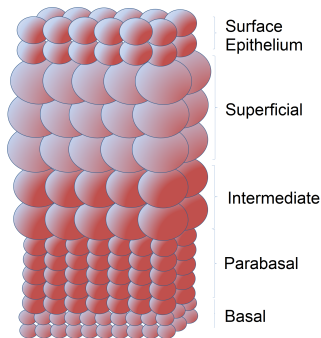


Figura 8: Esquema modelo del tejido



Resultados

Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)



Los tensores de depolarización para simetría esférica de radio a_l toman la forma:

$$\mathbf{\Gamma}_l = -\frac{1}{3\sigma_b}\hat{\mathbf{I}}, \quad \mathbf{\Lambda}_l = -\frac{2}{3\sigma_b a_l}\hat{\mathbf{I}}. \quad (21)$$

De manera que la conductividad puede expresarse como:

$$\sigma_e = \sigma_0 \left[1 + 3 \sum_{l=1}^N f_l \frac{\sigma_l - \sigma_0}{2\sigma_0 + \sigma_l + 2k_l a_l^{-1} \sigma_0 \sigma_l} \right] \quad (22)$$

Donde $k_l = \alpha_l(i\omega)^{-c_l}$ es el parámetro de polarizabilidad superficial. α_l es un coeficiente experimental y c_l es el parámetro de relajación de la l -ésima incrustación.



Resultados

Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)



Multiplicando el numerador y denominador por $\rho_I \rho_0$ ($\rho_I = 1/\sigma_I$ y $\rho_0 = 1/\sigma_0$) se obtiene la expresión equivalente para la resistividad efectiva del medio compuesto:

$$\rho_e = \rho_0 \left[1 + \sum_{l=1}^N f_l M_l \left[1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau_l)^{c_l}} \right] \right]^{-1} \quad (23)$$

Donde:

$$M_l = 3 \frac{\rho_0 - \rho_I}{2\rho_0 + \rho_I} \quad (24)$$

Y τ_l es el tiempo de relajación de la l ésima incrustación.

$$\tau_l = \left[\frac{a_l}{2\alpha_l} (2\rho_0 + \rho_I) \right]^{1/c_l} \quad (25)$$



Resultados

Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)



La resistividad intracelular y los tamaños de las células pertenecientes a la l -ésima pueden ser calculados por las ecuaciones:

$$\rho_l = \frac{3 - \eta_l}{3 + 2\eta_l} \rho_0; \quad a_l = \frac{\alpha_l \tau_l^{c_l}}{\rho_0 + 2\rho_l} \quad (26)$$

Donde, $\eta = \frac{M_l}{f_l}$ las fracciones $f_l < 1$ deben escogerse de acuerdo a la estructura del tejido.

Se define el pseudopotencial γ como:

$$\gamma = 100 \ln \left[\frac{\rho_l}{\rho_0} \right] \quad (27)$$



índice

Contenido de la presentación



3 Resultados

- Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)
- Diseño y calibración de la sonda de medición
 - Diseño
 - Calibración
- Propiedades eléctricas de tejido vegetal
- Propiedades eléctricas de tejido cervical



Resultados

Diseño y calibración de la sonda de medición

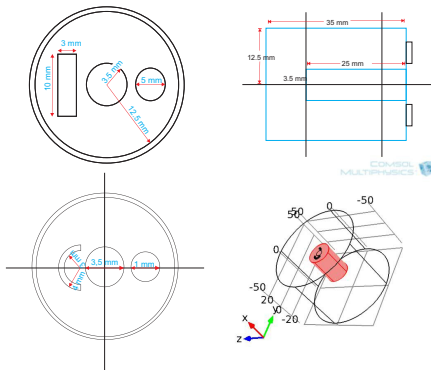


Figura 10: Sonda de medición

Figura 9: Configuraciones de sonda 1 y 2 simuladas con COMSOL multiphysics



Resultados

Diseño y calibración de la sonda de medición

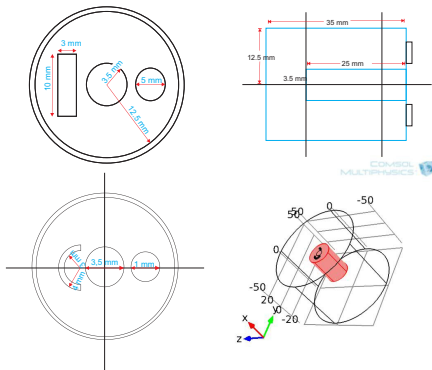


Figura 10: Sonda de medición

Figura 9: Configuraciones de sonda 1 y 2 simuladas con COMSOL multiphysics



Resultados

Diseño y calibración de la sonda de medición

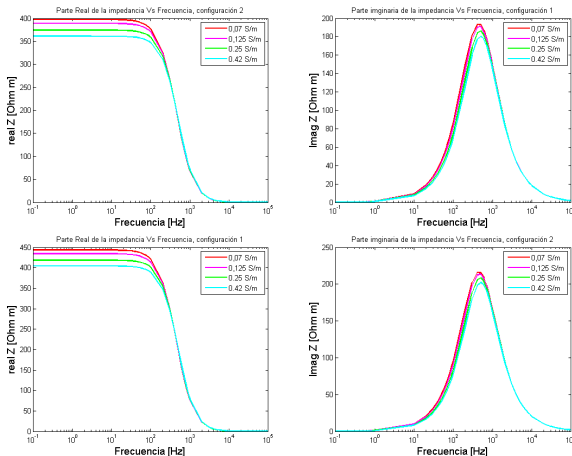


Figura 11: Parte real e imaginaria del espectro de impedancia eléctrica para diferentes conductividades de endocervix, configuraciones 1 y 2.



Resultados

Diseño y calibración de la sonda de medición



Factor de forma calibración digital 0,002[m].

Factor de forma calibración experimental 0,011[m].

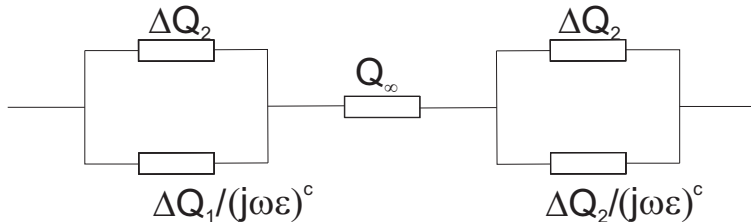


Figura 12: Esquema del modelo de Cole - Cole con dos dispersiones



Resultados

Diseño y calibración de la sonda de medición



$\rho[Ohmm]$	N	ΔQ_1	ΔQ_2	Q_i	Q_0	Error	ϵ_1^{-c}	ϵ_2^{-c}
54.64	2.00	10445.63	10131.28	7621.60	28198.51	0.014	8.00E-05	3.27E-04
26.39	1.00	35456.17		2949.44	38405.62	0.012	2.82E-05	
19.16	2.00	14469.00	15067.45	1917.15	31453.60	0.003	6.01E-05	1.86E-04
12.33	2.00	14430.09	14680.86	1298.51	30409.46	0.003	6.01E-05	1.70E-04
9.66	2.00	14463.65	14992.88	989.32	30445.85	0.003	5.81E-05	1.92E-04
0.57	2.00	4947.35	5061.68	45.34	10054.37	0.002	1.74E-04	4.50E-04

Cuadro 1: Parámetros de Cole-Cole para soluciones de cloruro de sodio



índice

Contenido de la presentación



3 Resultados

- Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)
- Diseño y calibración de la sonda de medición
- Propiedades eléctricas de tejido vegetal
- Propiedades eléctricas de tejido cervical



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido vegetal

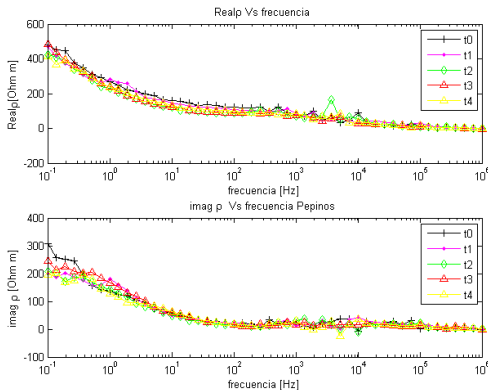


Figura 13: Espectros impedancia eléctrica de pepinos variando la posición de toma de muestra



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido vegetal

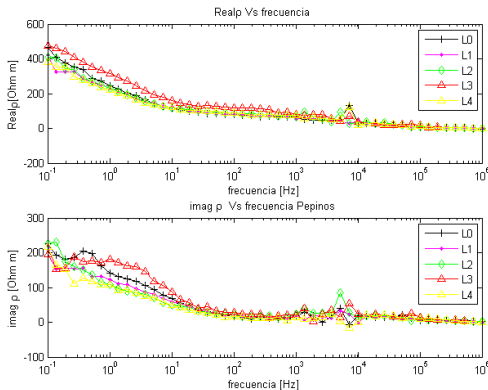


Figura 14: Espectros impedancia eléctrica de pepinos variando el tiempo de exposición al ambiente



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido vegetal

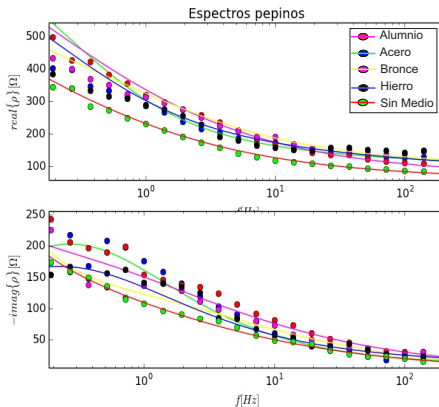


Figura 15: Espectros impedancia eléctrica de pepinos con barras conductoras (● datos experimentales – ajuste Cole-Cole)



índice

Contenido de la presentación



3 Resultados

- Modelo de propiedades eléctricas del tejido (MOPET)
- Diseño y calibración de la sonda de medición
- Propiedades eléctricas de tejido vegetal
- Propiedades eléctricas de tejido cervical
 - Implementación del modelo MOPET
 - Estudio de las propiedades eléctricas del endocervix



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido cervical

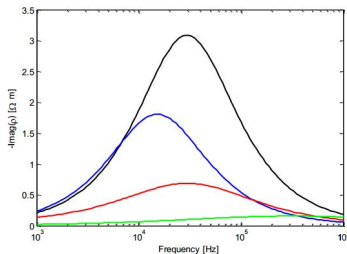
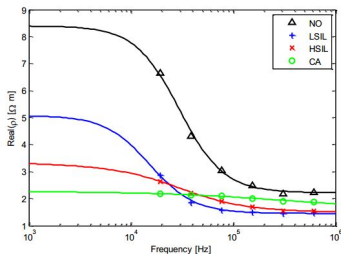


Figura 16: Parte real e imaginaria de EIE medidso en muestras clasificadas como NO, LSIL, HSIL y CA modelasdas con MOPET)



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido cervical



Estado del tejido	$a_I [\mu m]$	$\tau_I [s]$	c_I	M_I	$\rho_I [\Omega m]$	γ_I
NO $\rho_0 = 8,40 [\Omega m]$	10.6	1.18E-06	0.999	0.289	0.05	-51
	15.7	1.40E-06	1.000	1.400	0.08	-46
	20.9	1.50E-06	1.000	1.094	0.11	-43
LSIL $\rho_0 = 5,08 [\Omega m]$	10.8	2.63E-06	0.999	1.094	0.03	-51
	15.4	3.29E-06	0.999	1.400	0.01	-62
	22.7	0.671036	0.998	0.001	4.84	-0.5
HSIL $\rho_0 = 3,49 [\Omega m]$	13.5	2.01E-06	0.834	1.247	0.22	-27
	24.2	3.46E-05	0.269	0.119	2.33	-4
CA $\rho_0 = 2,28 [\Omega m]$	26.0	2.63E-07	0.548	0.430	1.38	-5

Cuadro 2: Valores numéricos de los parámetros del modelo propuesto



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido cervical

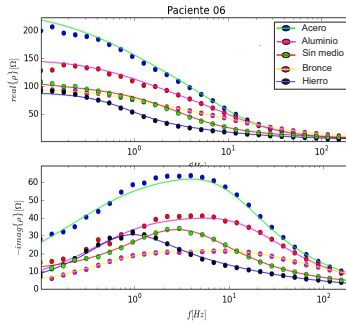
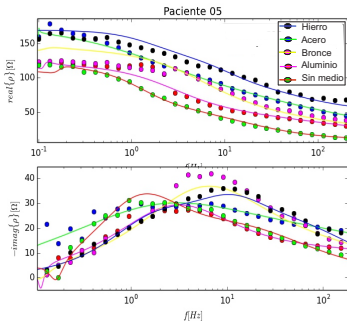


Figura 17: Espectros de impedancia eléctrica medidos en uteros in-vitro en el rango de frecuencias de 0 a 200 Hz ajustados al modelo de Cole - Cole (● datos experimentales — ajuste Cole-Cole)



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido cervical

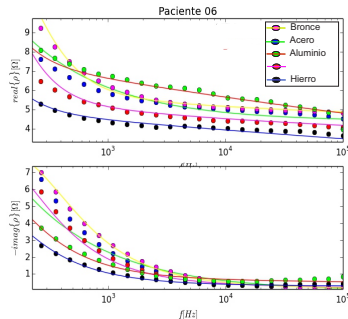
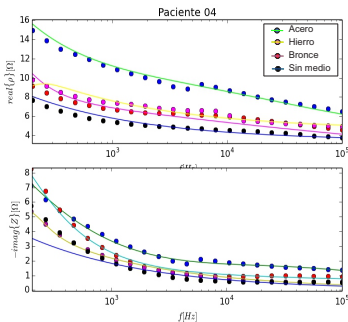


Figura 18: Espectros de impedancia eléctrica medidos en uteros in-vitro en el rango de frecuencias de 200Hz a 100KHz ajustados al modelo de Cole - Cole (● datos experimentales — ajuste Cole-Cole)



Resultados

Propiedades eléctricas de tejido cervical

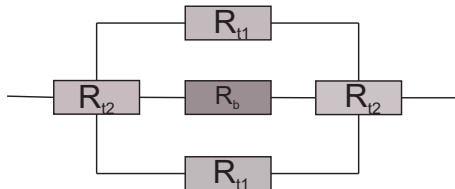
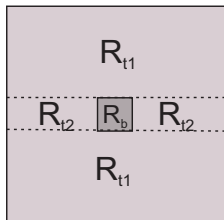


Figura 19: Esquema resistencia opuesta por el tejido y la barra conductora



Índice

Contenido de la presentación



1 Introducción

2 Metodología

3 Resultados

4 Conclusiones



Conclusiones



Se estudiaron las propiedades eléctricas del tejido cervical por medio de espectroscopia de impedancia eléctrica. En este estudio se diseñó e implementó una nueva sonda de medición de solo dos electrodos. La sonda diseñada fue caracterizada digital y experimentalmente. En la caracterización experimental con tejido vegetal, se encontró que la sonda es capaz de detectar variaciones en las propiedades eléctricas del medio, causadas por alteraciones de su conductividad eléctrica en la zona comprendida entre los electrodos.



Conclusiones



La sonda de medición se utilizó para caracterizar piezas de úteros obtenidos por histerectomía. En los resultados obtenidos se evidencia que las propiedades eléctricas de un cuello uterino al introducir una barra conductora en el canal endocervical presentan variaciones que solo pueden ser explicadas si se considera la polarización inducida.



Conclusiones



Se definió un nuevo parámetro bio-físico-químico, el pseudopotencial de membrana, γ . De acuerdo a los resultados experimentales, este parámetro presenta variaciones importantes para cada estadio neopásico del tejido, que pueden asociarse a los cambios en las concentraciones iónicas de los medios intra y extracelular sufridos por el tejido durante su evolución de normal a cancerígeno.



Conclusiones



Se desarrolló un modelo físico-matemático basado en la teoría generalizada del medio efectivo de la polarización inducida (GEMTIP) que permite una mejor comprensión de la relación entre las propiedades eléctricas del tejido epitelial y sus propiedades fisiológicas. Al aplicar el modelo inverso a espectros de impedancia eléctrica de diferentes estadios cancerígenos, se encontró que la resistividad efectiva al interior de la célula varía para un grupo de células en el tejido que se atribuyen a células transformadas (cancerígenas).



Conclusiones



Con base en la teoría GEMTIP, se puede sugerir que la relación entre el efecto de campo cancerogénico y los cambios en las propiedades eléctricas, respecto a tejido normal, están asociadas a las anomalías en la conductividad que según GEMTIP se deben a la polarización inducida.



Gracias por su atención

Sandra Patricia Corzo Mantilla

sandracorzm@gmail.com