

*Desarrollo de materiales multifuncionales magnetoeléctricos
para nano-dispositivos de nueva generación*
Sensor medidor de oxígeno

Ing. En Biotecnología Paulina Gutiérrez Gileta

Ing. En Biotecnología Paulina Zatarain Osuna

Objetivo general:

- Desarrollar una propuesta biotecnológica para integrar en el cosechador de energía y analizar la posibilidad de que el cosechador de energía actúe también como sensor de signos vitales.

Objetivos específicos:

- Investigación sobre cómo medir la concentración de oxígeno y signos vitales mediante una señal del cuerpo humano.
- Visualizar una aplicación viable según las características y posibilidades del cosechador de energía.

Justificación

En la actualidad, monitorear parámetros como lo es la saturación de oxígeno es de suma importancia y se ha vuelto vital para el cuidado médico de pacientes. Este parámetro nos brinda información sobre el estado de salud del paciente, sin esta ser una medición invasiva (Bencomo, et al., 2016). Cualquier alteración o variación en este valor juega un papel importante en la regulación de los procesos biológicos del cuerpo humano.

Antecedentes

- En 1774, **Joseph Priestley** demostró la importancia del oxígeno molecular para la vida mediante (Simon, et al., 2008).



Figura 1. Joseph Priestley científico del siglo XVIII

Se desarrolló el primer oxímetro de pulso en 1974 basado en la lectura de absorción de luz infrarroja en la sangre. En 1981 al oxímetro se le añaden sensores de luz el cual es utilizado hasta nuestros días (Mejía & Mejía, 2012).



Figura 2. Oxímetro actual.

Contexto

- Uno de los padecimientos donde el monitoreo de la oxigenación es vital es la hipoxemia (OPS, 2020).
- El tratamiento principal del COVID-19 en casos graves, es la administración de oxígeno suplementario. Más del 75% de los pacientes hospitalizados requiere este tratamiento (OPS, 2020).

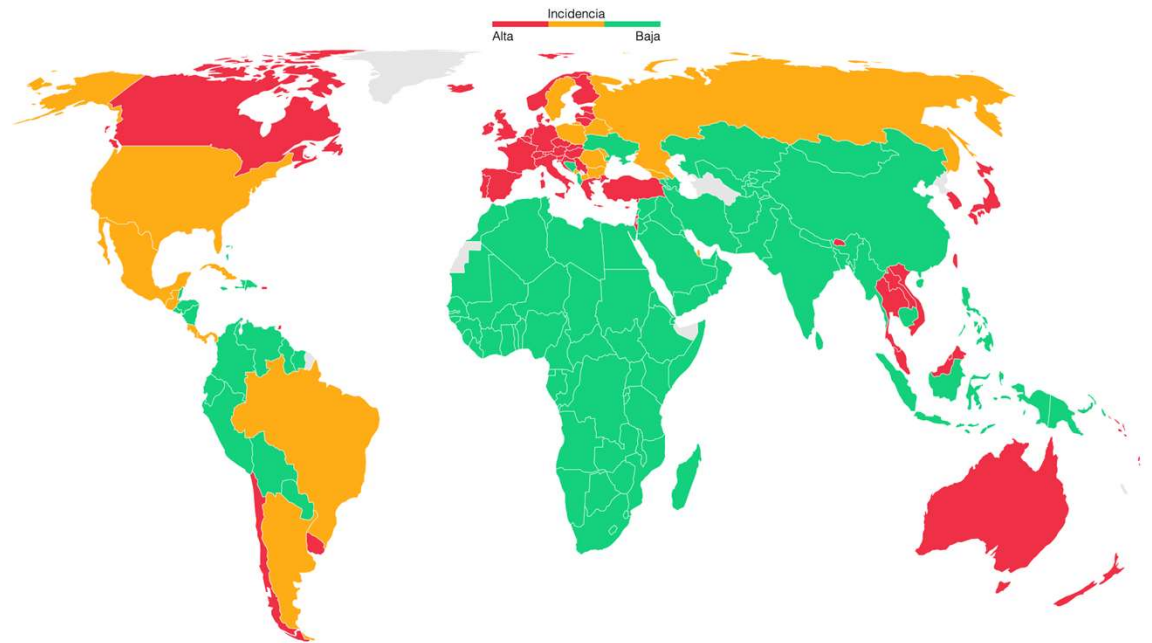


Figura 3. Mapa de casos de COVID-19 de mayo 2021

- Todos los años 4.2 millones de niños sufren la falta de oxígeno debido a una neumonía grave, esta enfermedad reduce de manera crítica los niveles de oxígeno de niños menores de 5 años en 124 países de bajos y medianos ingresos.

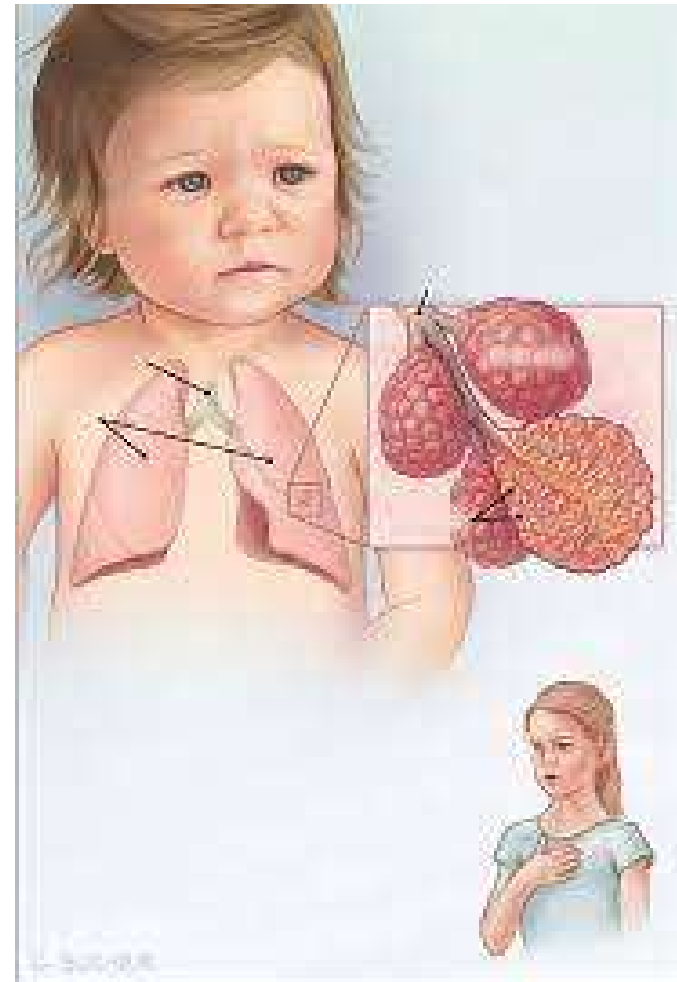


Figura 4. Representación de neumonía.

Desarrollo

Descripción del proyecto

Con la elaboración del cosechador de energía, se pretende aprovechar la energía que produce el cuerpo humano para utilizarse en algún dispositivo que mida el oxígeno del usuario. Por lo tanto, se realizó una investigación sobre algunos biosensores que se puedan utilizar con las características que presenta este cosechador de energía y las adaptaciones que se puedan hacer, considerando factores como: la energía que utilizará para realizar las mediciones, tamaño de los dispositivos, etc.

Tabla 1. Plan de trabajo

Nombre	Recursos	Tiempo (días)	Semana							
			9	10	11	12	13	14	15	16
Planeación										
Avances semanales	AG, TP	7								
Investigación	TP	28								
¿Cómo medir el oxígeno con un sensor?	TP	4								
Investigar sobre el sensor Max30102	TP	4								
Investigación de nanopartículas medidoras de oxígeno	TP	4								
Comparativa de nanosensores luminiscentes	TP	4								
¿Cómo realiza la medición el sensor?	TP	4								
Características del sensor	TP	4								
Características de los nanosensores	TP	4								
Energía necesaria para el funcionamiento	TP	4								
Biocompatibilidad	TP	4								
Propiedades de las nanoestructuras	TP	4								
Desarrollo del rPAP	TP	6								
Desarrollo de la presentación final	TP	4								
Ensayo de la presentación final	AG, TP	1								
Entrega final de rPAP	TP	1								
Presentación final	TP	1								

Tabla 2. Significado de las abreviaturas de la tabla

Abreviatura	Significado
AG	Avances grupales con Yenni
TP	Trabajo Personal

Plan de trabajo

Resultados

Sensor Max30102 para la medición de oxígeno en la sangre

El sensor Max30102 del fabricante Maxim Integrated, incorpora las funciones de pulsímetro y oxímetro en uno solo, utilizándolo con un procesador como Arduino (Llamas, 2020).

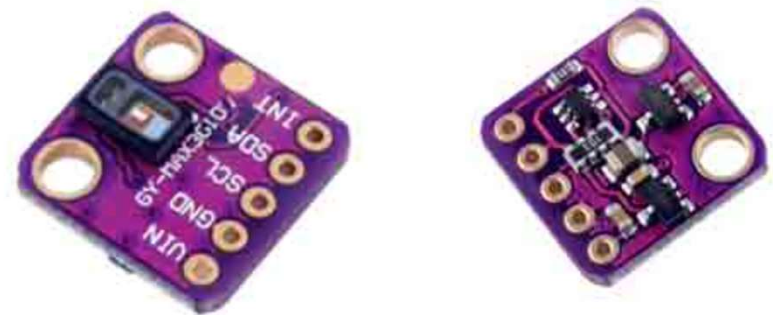


Figura 5. Sensor Max30102

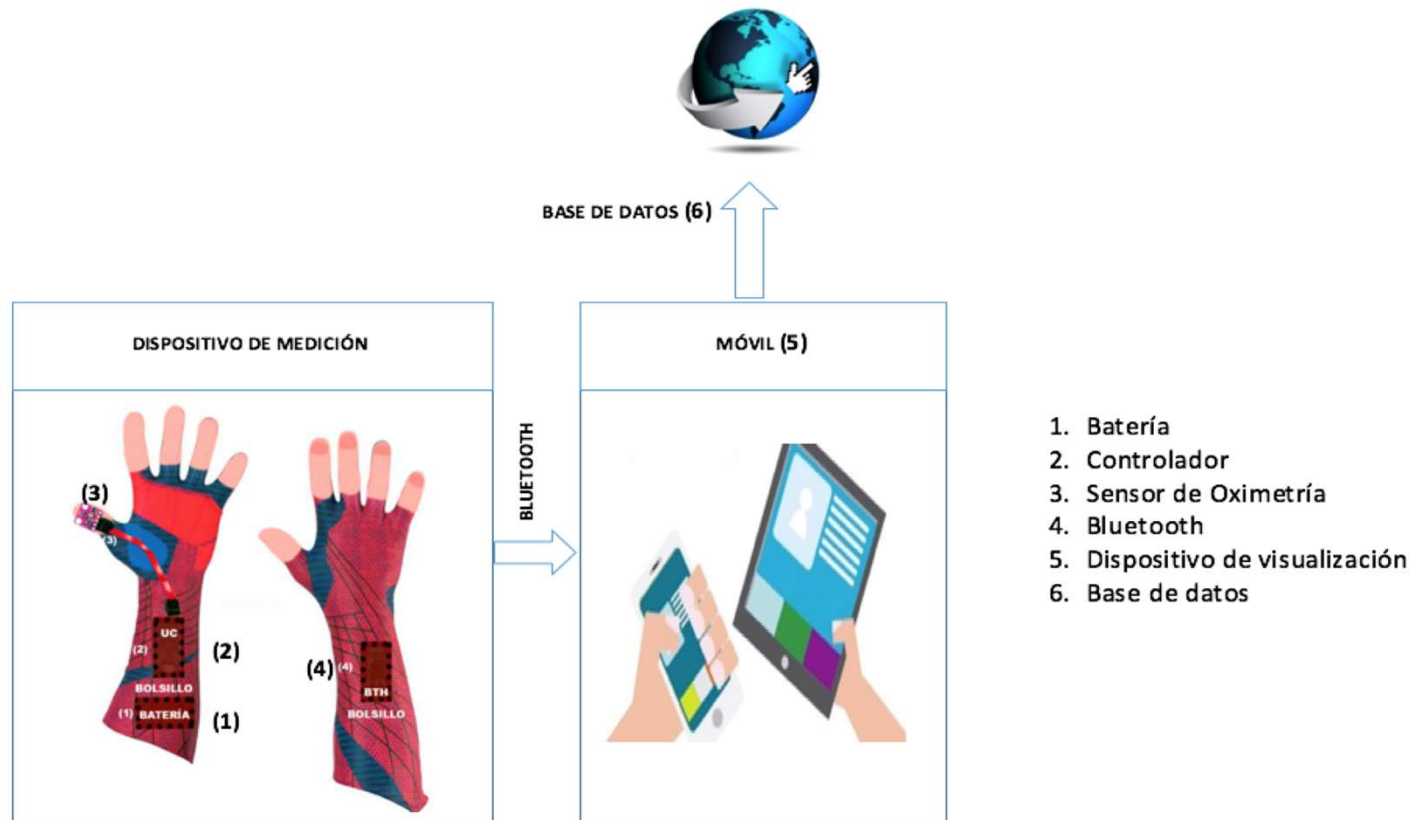


Figura 6. Esquema de indumentaria para el monitoreo continuo de constantes vitales

Tabla 3. Características de los dispositivos de transmisión de datos WBAN (Ruíz,2018)

Parámetro	Tecnología			
	Bluetooth	ZIGBEE	Infrarrojo	UWB
Estándar	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IRDA	IEEE 802.15.3
Frecuencia	2.4 Ghz	2.4 Ghz / 915 Mhz / 868 Mhz	850 nm	7.5Ghz
Modulación	GFSK	BPSK - QPSK	RZI - PPM	BPSK - QPSK
Alcance Máximo	10 metros	75 metros	Menor a 10 metros	50 metros
Capacidad Máxima	720 kbps	250 kbps / 40 kbps / 20 kbps	4Mbps	Entre 110 y 480 Mbps
Número de Nodos	8	65000	1	8
Penetración en el mercado	Alta	Media	En desuso	Baja
Consumo energético Tx	57 mA	24.7 mA	55mA aprox.	227.3 mA aprox.
Consumo Energético RX	46 mA	27 mA	55mA aprox.	227.3 mA aprox.

Tabla 4. Análisis comparativo de placas electrónicas (Ruíz,2018).




Parámetros Técnicos	Controlador		
	Arduino Pro Micro	Arduino Lilypad	Flora Adafruit
			
Controlador	Atmega32u4	Atmega328/P	Atmega32u4
Voltaje de operación	5 – 12V	2.7 – 5.5 V	3.5 – 16V
Pines de entrada o salida digital	12	14	8
Pines de entradas analógicas	4	6	4
Pines PWM	5	6	4
Corriente de pines entrada y salida	40mA	40mA	40mA
EEPROM	1 KB	512 bytes	1 KB
SRAM	2.5 KB	1 KB	2.5 KB
Memoria Flash	32 KB	16 KB	23 KB
Velocidad de reloj	16 MHz	8 MHz	8MHz
Comunicaciones	SPI /I2C/UART	SPI /I2C/UART	SPI /I2C/UART
Dimensiones	3.31 x 1.78 cm	4.9 x 0.3 cm	4.5 x 0.7 cm
Peso	2 g	5 g	4.7 g
Interfaz de programación	Micro USB	FTDI	Micro USB
Sócalo de batería	No	No	Si
Lavable	No	Si	Si
Precio	11.25 USD	19,95 USD	14.95 USD

Tabla 5. Análisis comparativo de sensores oximetría (Ruíz, 2018).






Sensor de Pulsioximetría			
	MAX30102	MAX30100	Keystudio FR-4
Parámetros técnicos			
Accesibilidad	Determinadas zonas geográficas	Determinadas zonas geográficas	Determinadas zonas geográficas
Métodos de adquisición	Oximetría de Pulso	Oximetría de pulso	Frecuencia de pulso
Dispositivo interno	Maxim Integrate MAX30102	Maxim Integrate MAX30100	FR-4
Dimenciones	12.7 x 12.7 mm	23.5 x 19 mm	33 x 25 mm
Voltaje de Operación	3.1 – 5.25 V	5 V	5 V
Consumo energético	600 μ A	600 μ A	20 mA
Temperatura de Operación	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C	-30°C a 70°C
Aditamentos necesarios	No	No	No
Wearable	Si	Si	Adaptable
Lavable	Adaptable	No	No
Precio	10 USD	30 USD	2.12 USD

Tabla 6. Análisis comparativo de baterías (Ruíz, 2018).

Baterías			
	Ni-MH	LIPO	LI-ION
Parametros técnicos			
Composición	Níquel-Hidruro Metálico	Polímero de Litio	Iones de Litio
Voltaje	3.7 V	3.7V	3.7V
Peso	567 g	27.5 g	40 g
Tamaño	9.5mm x 3.8mm x 7.6mm	9mm x 30mm x 54mm	66mm x 46mm x 3mm
Pin de monitoreo de carga	No	No	Si
Pin de monitoreo de temperatura	No	No	Si
Riesgo de inflamación	Casi Nula	Si	Casi Nula

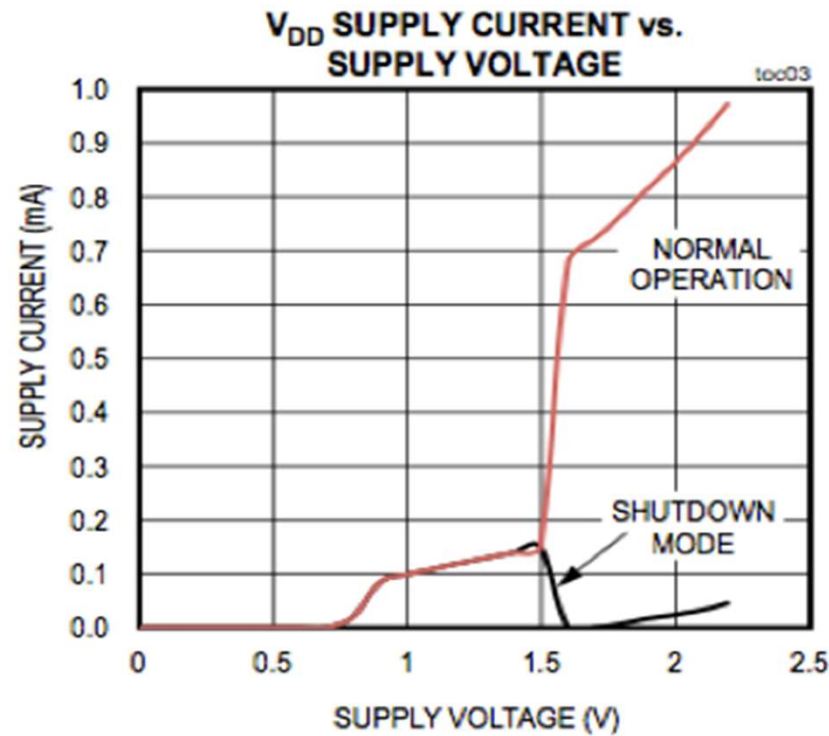


Figura 7. Corriente de suministro de VDD vs. Voltaje de suministro

Sensor con propiedades luminiscentes

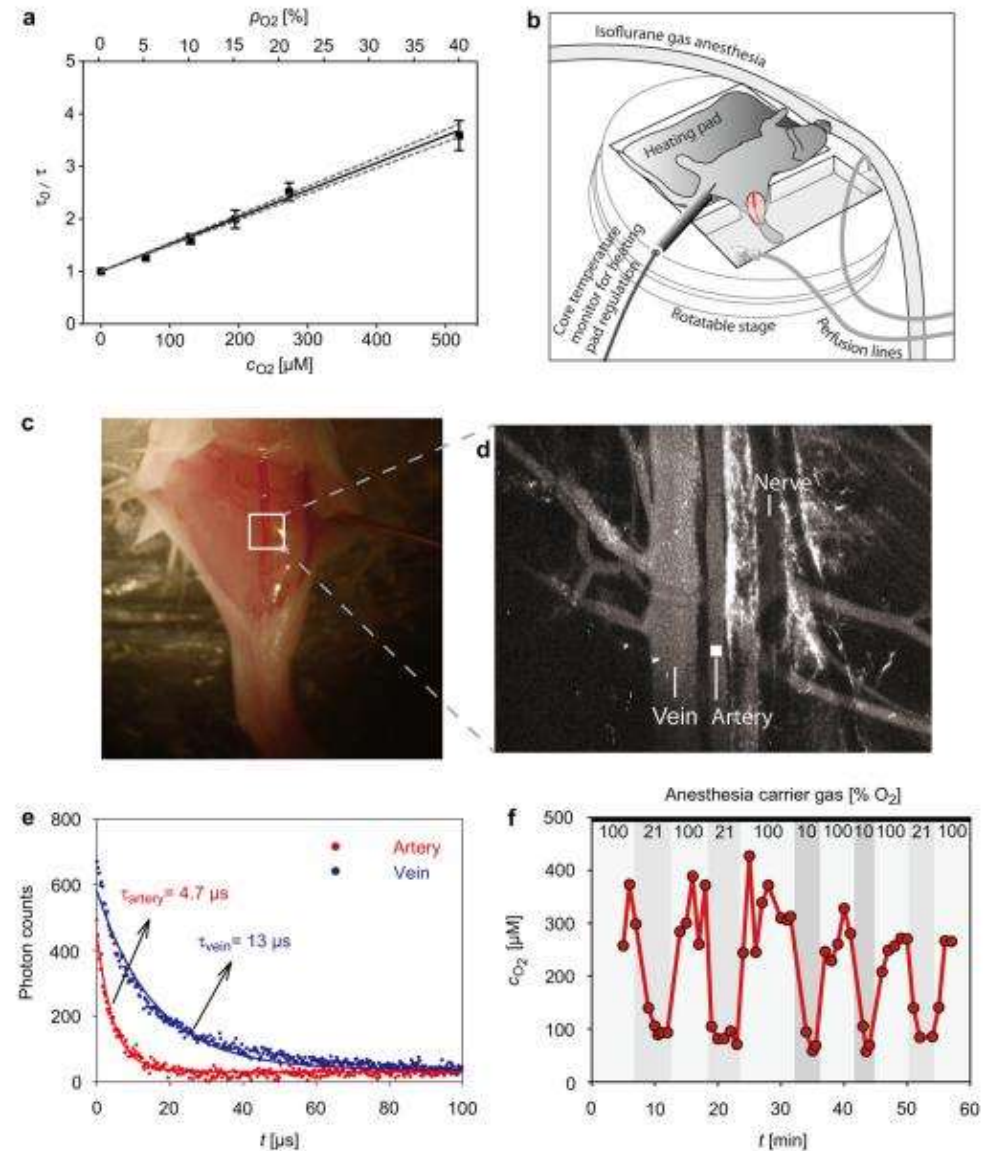


Figura 8. Cuantificación de la concentración de oxígeno in vivo.

Sensor con propiedades luminiscentes

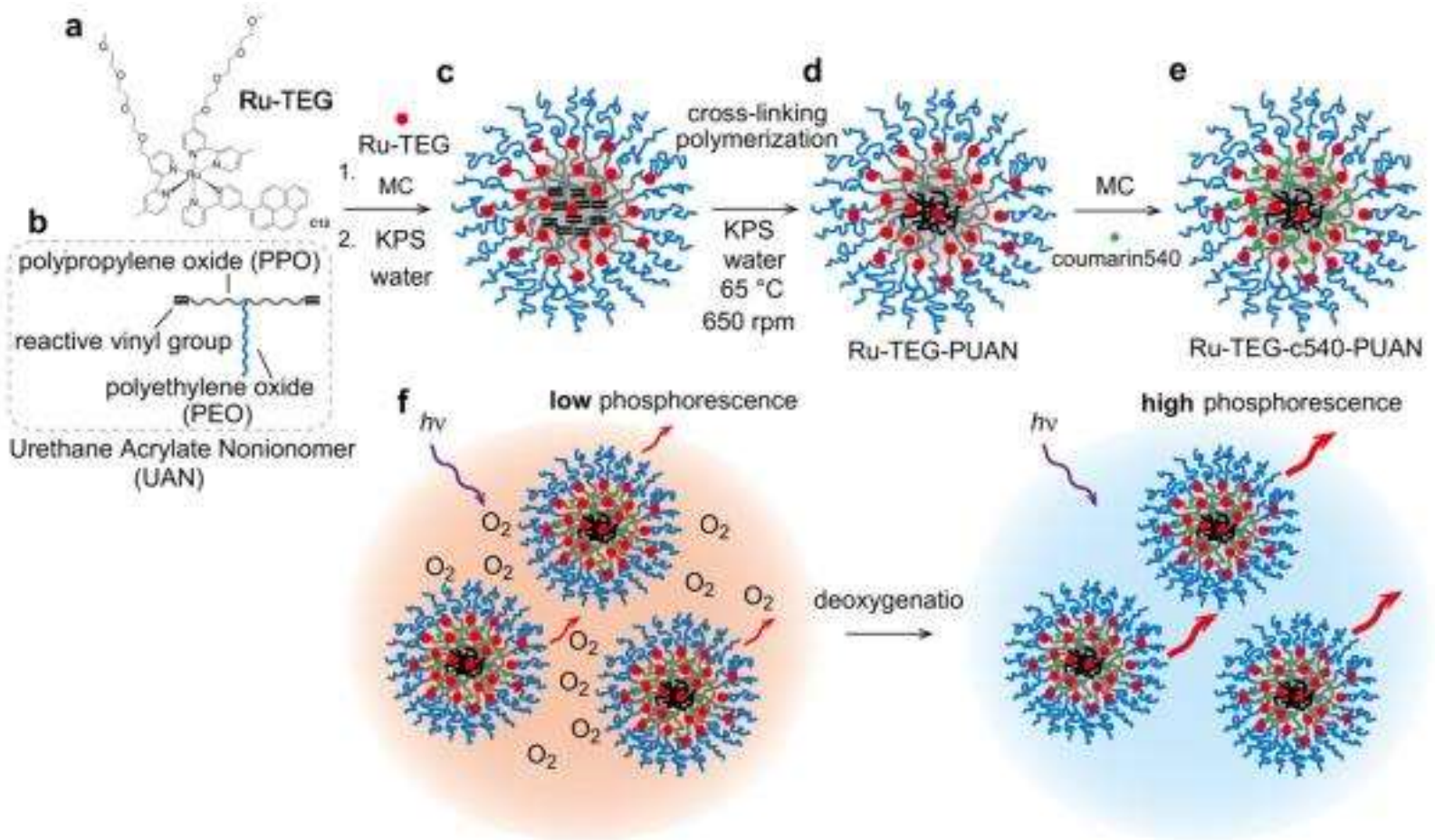


Figura 9. Representación esquemática de la síntesis de nanopartículas.

Sensor con propiedades luminiscentes

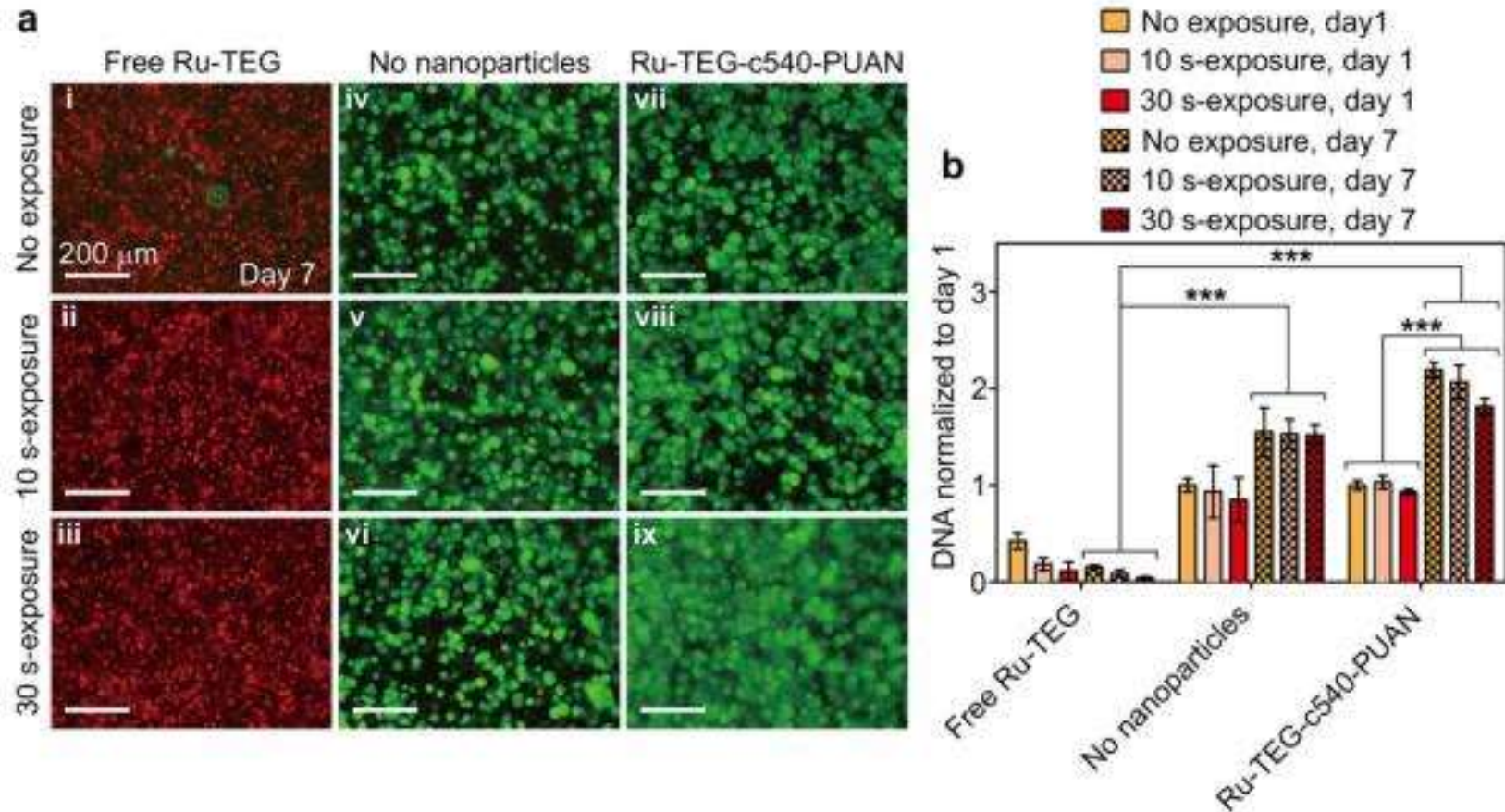
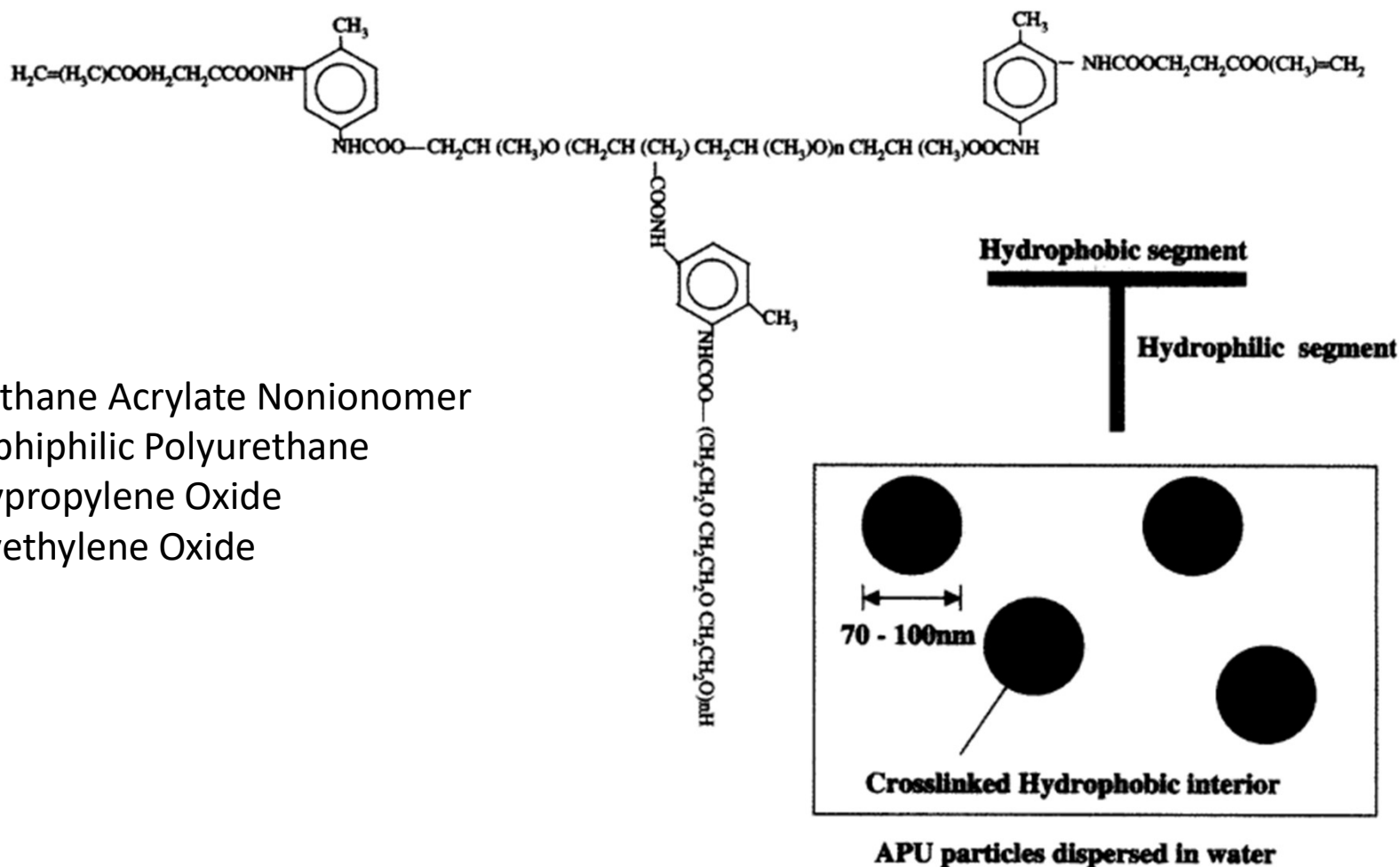


Figura 10. Biocompatibilidad de las nanopartículas.

Sensor con propiedades luminiscentes



UAN – Urethane Acrylate Nonionomer
 APU – Amphiphilic Polyurethane
 PPO – Polypropylene Oxide
 PEO – Polyethylene Oxide

Figura 11. Representación esquemática de las cadenas de uretano noionómero de acrilato y partículas de poliuretano anfifílico.

Reflexiones

Aprendizaje profesional

- Trabajo en equipo
- Conocimiento del funcionamiento de sensores
- Metodología de la investigación

Aprendizajes sociales

- Importancia de relacionar cualquier proyecto con ayudar al que lo necesita

Aprendizajes éticos

- Respeto de acuerdos

Aprendizajes personales

- Adaptación
- Organización
- Responsabilidad

Conclusiones

Paulina Zatarain:

- Se aprendieron conceptos nuevos sobre sensores y su aplicación en mediciones de signos vitales.
- Se analizó un prototipo de monitoreo continuo de constantes vitales.
- Se hizo conciencia de la importancia de estos sistemas de censado en la población de bajos recursos.
- Se comprendieron las características del sensor MAX30102.

Paulina Gutiérrez:

- Se realizó una amplia investigación de sensores luminiscentes
- Adquisición de conocimientos de sensores a nivel de nanopartículas
- Organización clave para el desarrollo de un proyecto de investigación
- Aprovechamiento de energías

Bibliografía

- Bencomo Solibella, Villazana Sergio & Salas Bruno. (2016). Design and construction of a pulse oximeter, de Revista Ingeniería UC Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634007.pdf>
- Choi, N. W., Verbridge, S. S., Williams, R. M., Chen, J., Kim, J. Y., Schmehl, R., Farnum, C. E., Zipfel, W. R., Fischbach, C., & Stroock, A. D. (2012). Phosphorescent nanoparticles for quantitative measurements of oxygen profiles in vitro and in vivo. *Biomaterials*, 33(9), 2710–2722. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2011.11.048>
- American Thoracic Society. (2011). Oximetría de pulso, de American Thoracic Society Sitio web: <https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/spanish/pulse-oximetry.pdf>
- Ruiz Narváez Luis Alberto. (2018). Sistema de telemedicina para monitoreo continuo de constantes vitales en lactantes menores para evitar el síndrome de muerte súbita, de Universidad técnica de abato Sitio web: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27823/1/Tesis_%20t1396ec.pdf
- Simon, M. C., & Keith, B. (2008). The role of oxygen availability in embryonic development and stem cell function. *Nature reviews. Molecular cell biology*, 9(4), 285–296. <https://doi.org/10.1038/nrm2354>
- Mejía Salas, Héctor, & Mejía Suárez, Mayra. (2012). Oximetría de pulso. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 51(2), 149-155, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752012000200011&lng=es&tlng=es.
- OPS. (2020). Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19., de Organización Panamericana de la Salud Sitio web: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52551/OPSHSSMTCOVID-19200029_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- UNICEF. (2020). Para cada infancia. de UNICEF Sitio web: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/todos-los-años-42-millones-de-niños-sufren-desesperadamente-la-falta-de-ox%C3%ADgeno>
- Llamas Luis. (2020). Pulsímetro y oxímetro con arduino y Max30102. de Ingeniería, informática y diseño Sitio web: <https://www.luisllamas.es/pulsimetro-y-oximetro-con-arduino-y-max30102/>
- Rumsey, W. L., Vanderkooi, J. M., & Wilson, D. F. (1988). Imaging of phosphorescence: a novel method for measuring oxygen distribution in perfused tissue. *Science (New York, N.Y.)*, 241(4873), 1649–1651. <https://doi.org/10.1126/science.241.4873.1649>
- Briñas, R. P., Troxler, T., Hochstrasser, R. M., & Vinogradov, S. A. (2005). Phosphorescent oxygen sensor with dendritic protection and two-photon absorbing antenna. *Journal of the American Chemical Society*, 127(33), 11851–11862. <https://doi.org/10.1021/ja052947c>
- Hartmann, P., & Trettnak, W. (1996). Effects of polymer matrices on calibration functions of luminescent oxygen sensors based on porphyrin ketone complexes. *Analytical chemistry*, 68(15), 2615–2620. <https://doi.org/10.1021/ac960008k>
- Berkowitz, B. A., Kowluru, R. A., Frank, R. N., Kern, T. S., Hohman, T. C., & Prakash, M. (1999). Subnormal retinal oxygenation response precedes diabetic-like retinopathy. *Investigative ophthalmology & visual science*, 40(9), 2100–2105.
- Finikova, O. S., Lebedev, A. Y., Aprelev, A., Troxler, T., Gao, F., Garnacho, C., Muro, S., Hochstrasser, R. M., & Vinogradov, S. A. (2008). Oxygen microscopy by two-photon-excited phosphorescence. *Chemphyschem: a European journal of chemical physics and physical chemistry*, 9(12), 1673–1679. <https://doi.org/10.1002/cphc.200800296>
- Valko, M., Morris, H., & Cronin, M. T. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current medicinal chemistry*, 12(10), 1161–1208. <https://doi.org/10.2174/0929867053764635>
- Verbridge, S. S., Choi, N. W., Zheng, Y., Brooks, D. J., Stroock, A. D., & Fischbach, C. (2010). Oxygen-controlled three-dimensional cultures to analyze tumor angiogenesis. *Tissue engineering. Part A*, 16(7), 2133–2141. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2009.0670>
- Kim, JY. & Shim, SB. (2001). The Use of Amphiphilic Polyurethane Nanoparticles for Desorption of Phenanthrene from Aquifer Materials., de Samchok National University Sitio web: <https://www.cheric.org/research/tech/periodicals/view.php?seq=373832>



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

MUCHAS GRACIAS