

PLAN DE INVESTIGACIÓN

Título: Capacidad sensora de las reacciones electroquímicas del polipirrol. Hacia el origen de la propiocepción natural y artificial.

Doctorando: Samuel Beaumont Alcázar

Director de Tesis: Dr. Toribio Fernández Otero

Institución: *Centro de Electroquímica y Materiales Inteligentes. Universidad Politécnica de Cartagena. ETSII. Campus Alfonso XIII. 30203. Cartagena. España.*

Preámbulo y estado del arte:

Los músculos humanos y animales sienten las condiciones mecánicas, térmicas o químicas (fatiga) mientras actúan: son músculos hápticos. Actualmente aún no se ha aclarado el origen y la naturaleza de la señal sensora. La mayoría de los investigadores, tratando de aclarar esta doble actividad (actuadora-sensora), se han centrado en la localización de diferentes sensores físicos que trabajan en un músculo [1]. Algunos investigadores sospechan que es la propia reacción bioquímica de actuación muscular el origen de las señales enviadas al cerebro [2].

Las reacciones electroquímicas de los polímeros conductores, y otros materiales electroactivos, detectan las condiciones de trabajo, imitando muchas reacciones bioquímicas que implican macromoléculas y reactivos y originan funciones biológicas. Dichas reacciones originan movimientos conformacionales de las unidades reactivas (cadena polimérica) actuando como motores moleculares, el intercambio de contraiones y de moléculas de disolvente con el electrolito y los cambios estructurales (hinchamiento, encogimiento o compactación conformacional) del material. El material se convierte en un gel denso y reactivo cuyo contenido imita la matriz intracelular de las células funcionales. Nuestro grupo ha estado trabajando desde finales del siglo pasado en las propiedades sensoras de las reacciones electroquímicas de los polímeros conductores, nanotubos de carbono o grafenos [3]. Aunque la dualidad actuadora-sensora de estos materiales biomiméticos han quedado demostradas empíricamente utilizando diferentes dispositivos sensores actuadores duales basados en polímeros conductores (membranas inteligentes, ventanas electrocrómicas, músculos artificiales ...) [4], el origen químico de la señal sensora aún no es aceptado por la comunidad investigadora.

Objetivos:

- Realizar un estudio sistemático de las reacciones electroquímicas que se dan lugar en los polímeros conductores en distintos medios electrolíticos.
- Demostrar que la señal sensora es una propiedad inherente de esas reacciones electroquímicas (que también originan la actuación).

- La formulación, descripción teórica y posterior demostración del nuevo principio sensor con similitudes con los principios de Le Chatelier y Nerst para el equilibrio químico o electroquímico: cualquier cambio o perturbación de las condiciones energéticas de la reacción es detectada por la energía consumida durante la reacción.

Metodología:

1. Estudio sistemático de la bibliografía y el estado del arte relativo a la electroquímica y los polímeros conductores: síntesis, propiedades y aplicaciones.
2. Elección del material de estudio: se comenzará con polipirrol generado electroquímicamente sobre platino en disoluciones acuosas.
3. Se optimizarán las condiciones de síntesis (concentración de monómero, potencial, corriente).
4. Control electroquímico del material para estudiar su respuesta sensora.
 - 4.1. Sensor químico: se estudiarán diferentes tipos de electrolitos y disolventes a utilizar, así como las concentraciones.
 - 4.2. Sensor térmico: se estudiarán diferentes temperaturas.
 - 4.3. Sensor eléctrico: se estudiarán las diferentes variables eléctricas (potential aplicado, velocidad de barrido de potencial, corriente aplicada...).
5. Técnicas electroquímicas aplicadas al material para estudio de su capacidad sensora a partir de las respuestas para cada valor de la variable estudiada:
 - 5.1. Barridos cíclicos de potencial (respuestas voltamperométricas).
 - 5.2. Saltos de potencial (respuestas cronoamperométricas).
 - 5.3. Saltos de corriente (respuestas cronopotenciométricas).
6. Programación y realización de las series experimentales.
7. Adquisición y posterior tratamiento de datos.
8. Discusión de resultados.
9. Escritura de los manuscritos para publicaciones en revistas internacionales.
10. Escritura y defensa de la tesis.

Referencias:

- [1] S. Rossignol, R.J. Dubuc, J.P. Gossard, Dynamic sensorimotor interactions in locomotion, *Physiol. Rev.* 86 (2006) 89–154. doi:10.1152/00028.2005.
- [2] H. Iwamoto, The earliest molecular response to stretch of insect flight muscle as revealed by fast X-ray diffraction recording, *Sci Rep.* 7 (2017) 42272. doi:10.1038/srep42272.
- [3] T.F. Otero, J.G. Martinez, Physical and chemical awareness from sensing polymeric artificial muscles. Experiments and modeling, *Progress in Polymer Science.* 44 (2015) 62–78. doi:10.1016/j.progpolymsci.2014.09.002.
- [4] T.F. Otero, From Electrochemically-Driven Conformational Polymeric States to Macroscopic and Sensing Artificial Muscles., in: J.-P. Sauvage, P. Gaspard (Eds.), *From Non-Covalent Assemblies to Molecular Machines*, Wiley-VCH, Weinheim, 2011: pp. 443–452.