

PROPUESTA DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO PARA EL
APRENDIZAJE DE CONTENIDOS PROCEDIMENTALES A PARTIR DE LA
SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLIDOPAMINA.

CRISTIAN EDUARDO CORTES AGUILLON
INGRID DAYANA QUINCHANEGUA BERNAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
FEBRERO 2018

PROPUESTA DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO PARA EL
APRENDIZAJE DE CONTENIDOS PROCEDIMENTALES A PARTIR DE LA
SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLIDOPAMINA.

CRISTIAN EDUARDO CORTES AGUILLON
INGRID DAYANA QUINCHANEGUA BERNAL

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:
LICENCIADO EN QUÍMICA.


DIRECTOR:
M.SC. DIEGO ALEXANDER BLANCO MARTÍNEZ

CODIRECTORA.
PHD MARÍA TERESA CORTES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
INCORPORACIÓN DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL AL CURRÍCULO DE
CIENCIAS.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.

2018

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Construyendo la Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 4	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Propuesta de trabajos prácticos de laboratorio para el aprendizaje de contenidos procedimentales a partir de la síntesis y caracterización de polidopamina
Autor(es)	Quinchanegua Bernal, Ingrid Dayana Cortes Aguillón, Cristian Eduardo.
Director	Blanco Martínez, Diego Alexander
Codirector	Cortes, Maria Teresa
Publicación	Bogotá Universidad Pedagógica Nacional, 2017, 75 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Contenido procedimental, síntesis de polidopamina, trabajos prácticos de laboratorio.

2. Descripción
<p>En este trabajo de investigación se plantea una propuesta de cambio de los TPL tradicionales según lo propuesto por Caamaño (2007), que busca fomentar el desarrollo de los contenidos procedimentales estructurados por De Pro Bueno (1998), teniendo en cuenta la necesidad de implementar en el aula situaciones experimentales novedosas que motiven y capten la atención del estudiante, para el caso de este estudio se toma como contexto teórico la síntesis y caracterización de polidopamina un polímero de reciente estudio y que además tiene gran cantidad de aplicaciones en el campo de la química su campo de estudio es bastante extenso debido a que no se ha deducido aún la estructura química, no obstante los métodos de análisis modernos identifican ciertos grupos funcionales, lo cual ha conllevado a desarrollar mecanismos de reacción debido a su naturaleza química.</p>

3. Fuentes
<p>Allende, B. (2012). Modificación de superficies con polidopamina. (Tesis de Maestría). Universidad de Oviedo. España. Recuperado de http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/4162/1/TFM_Beatriz%20Allende%20S%C3%A1nchez.pdf.</p>
<p>Ball, V., Del Frari, D., Toniazzo, V. y Ruch, D. (2012). Kinetics of polydopamine film deposition as a function of pH and dopamine concentration: Insights in the polydopamine deposition mechanism. <i>Journal of Colloid and Interface Science</i>, 366–372.</p>
<p>Ball, V., Del Frari, D., Michel, M., Buehler, M., Toniazzo, V., Singh, M., Gracio, J. y Ruch, D. (2011). Deposition Mechanism and Properties of Thin Polydopamine Films for High Added Value Applications in Surface Science at the Nanoscale. <i>BioNanoSci</i>, 2:16–34.</p>
<p>Ball, V. (2017). Composite Materials and Films Based on Melanins, Polydopamine, and Other Catecholamine-Based Materials. <i>Biomimetics</i>, 2(3), 12.</p>
<p>Carrasco, J., (2012). Recubrimiento de acero con polidopamina. (Tesis de maestría). Universidad de Oviedo. España.</p>



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 2 de 4

Caamaño, A. 2007. Los trabajos prácticos en ciencias. En Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.) (2007) *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Grao.

Dreyer, D., Miller, D., Freeman, B., Paul, D. y Bielawski, W. (2013). Perspectives on poly(dopamine). *Chemical Science*, 4, 3796–3802.

Durango, A. (2015). Las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Hernández A, y Crespo G., (1998). Contenidos procedimentales en la ESO: análisis del procedimiento de comunicación en un curso de tecnología. *Didáctica de las Ciencias*, XVIII Encuentros de la Didáctica del Cs. Experimentales. La Coruña. PP. 575-587.

Insausti, M. J. y Merino M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações em Ensino de Ciências – V5(2)*, pp. 93-119. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID60/v5_n2_a2000.pdf.

Liu, Y., Ai, K. y Lu, L. (2014). Polydopamine and Its Derivative Materials: Synthesis and Promising Applications in Energy, Environmental, and Biomedical Fields. *ACS publications. Chem. Rev.* 2014, 114, 5057–5115

López, R., y Tamayo, O., (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, vol. 8, núm. 1, enero-junio, 2012, pp.145-166. Universidad de Caldas Manizales, Colombia.

Ma, J., Yang, H., Li, S., Ren, R., Li, J., Zhang, X. y Ma, J. (2015). Well-dispersive graphene-polydopamine-Pd hybrid with enhanced catalytic performance. *RSC Advances*, 00, 1-3.

Martin, M., Salazar, P., Campuzano, S., Villalonga, J. y Gonzalez, J. (2013). Amperometric magnetobiosensors using poly(dopamine)-modified Fe₃O₄ magnetic nanoparticles for the detection of phenolic compounds. *Analytical Methods*, 2013, 00, 1-3 .

Montino, M, Petrucci, D., Ure, J., Alemán A. y Pérez S. (2011). Una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio que favorece el aprendizaje de conceptos. *Ciência & educação (bauru)*, vol. 17, núm. 4, pp. 823-833. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251021295004>.

Morales, P. y Landa, M. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, Vol. 13, pp. 145-157.

Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las ciencias*, 1998, 16 (I), 21-41. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/83200/108183>.

Séré, M. G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las ciencias*, 20 (3), pp 357-368. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21824/21658>.

Singh, G. y Rakesh, M. (2015). Espectroscopia Raman - Principio básico, instrumentación y aplicaciones seleccionadas para la caracterización de drogas de abuso

Suarez, M., (2011). *Electroquímica Física e interfacial: Una aproximación teórica*. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 3 de 4

Tutorial espectroscopia Raman. Revisado a través de internet: http://www.kosi.com/na_en/products/raman-spectroscopy/raman-technical-resources/raman-tutorial.php

Wei, Q., Zhang, F., Li, J., Li, B. y Zhao, C. (2010). Oxidant-induced dopamine polymerization for multifunctional coatings. *Polymer Chemistry*, 1, 1430–1433.

Yue-hua, Z., Chun-Mei, X. y Chang-Hong, G. (2011). Application Sodium Percarbonate to Oxidative Degradation Trichloroethylene Contamination in Groundwater. https://ac.els-cdn.com/S1878029611004579/1-s2.0-S1878029611004579-main.pdf?_tid=3c2781cc-fc77-11e7-81ee-0000aacb360&acdnat=1516297650_52faa5fdd2b6ef8d5660c520ede32300

4. Contenidos

Este documento presenta en primer lugar, una justificación donde se describe la importancia de este trabajo de grado, al estructurar tres guiones de trabajos prácticos de laboratorio para el aprendizaje de los CP. Para lograr dicha finalidad Caamaño plantea un “Guion de TPL” que contempla cinco fases y está orientado desde un enfoque investigativo, para este trabajo se diseñaron tres guiones de trabajos prácticos que favorecen el aprendizaje de siete contenidos procedimentales basado en la clasificación de De Pro Bueno, (1998) donde se aborda la síntesis y caracterización de polímeros como contenido procedimental, partiendo de un polímero biomimético de recién estudio. Se presentan los antecedentes y referentes conceptuales que aportaron a nivel químico, en los procedimientos de la síntesis química, y caracterización de polidopamina por métodos electroquímicos y analíticos, y en el componente pedagógico sobre los trabajos prácticos de laboratorio y los contenidos procedimentales. Posterior a ello se expone la pregunta que orientó este trabajo de grado y los objetivos correspondientes.

A continuación se describe la metodología que se siguió en el desarrollo de la investigación, por último se analizan y evalúan los resultados para la formulación de conclusiones.

5. Metodología

La metodología que se siguió en el desarrollo de la investigación, se estructuró en tres etapas: En la primera etapa (Fundamentación) se determinó las bases teóricas para el estudio, en la segunda etapa (Desarrollo) se plantearon dos momentos: El experimental en el cual se llevó a cabo el estudio de la síntesis de polidopamina y su posterior caracterización para elegir el componente conceptual y el de diseño y aplicación de pilotaje, donde se estructuraron una serie de TPL y se sometieron a un proceso de validación para analizar los alcances de la propuesta en términos de contenidos procedimentales, cabe mencionar que el trabajo se encuentra bajo un enfoque mixto y se realiza en el grupo de sistemas fisicoquímicos II de la Universidad Pedagógica Nacional, conformado por 19 estudiantes.

6. Conclusiones

- El estudio del efecto del pH y el agente oxidante permitió determinar el efecto de dichas variables en la síntesis de polidopamina y de esta manera elegir las condiciones más favorables para optimizar el proceso. De acuerdo con los resultados experimentales se sugiere que el pH óptimo de síntesis con persulfato de amonio se encuentra a pH 10, en cuanto al estudio de oxidante a pH 8,5 se evaluó que la presencia de un oxidante inducido contribuye a la formación de polímero, siendo el percarbonato de sodio el que favorece la polimerización de dopamina, en términos de cantidad de polímero depositado en el electrodo. De esta manera se logró definir el componente conceptual de la propuesta de TPL resultando tres guiones correspondientes a la síntesis y caracterización de polidopamina.
- La estructuración metodológica de la propuesta TPL, teniendo en cuenta el guion planteado por Caamaño permitió evidenciar que es posible evaluar los siete contenidos procedimentales



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

FORMATO

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

Código: FOR020GIB

Versión: 01

Fecha de Aprobación: 10-10-2012

Página 4 de 4

- seleccionados en una población determinada, estos datos se soportan en los resultados obtenidos en el pilotaje la apreciación de los estudiantes es alta y los indicadores de cada contenido están presentes en la estructura del guion, a nivel del componente conceptual es un tema de interés y permitió evidenciar la motivación por parte de los estudiantes. De acuerdo con estos resultados se mantuvo la estructura, sin embargo, es importante que en la implementación de las guías el docente haga las adecuaciones pertinentes según la disponibilidad de recursos en la prueba.

Elaborado por: Ingrid Dayana Quinchanegua Bernal
Cristian Eduardo Cortes Aguillón

Revisado por: Blanco Martínez Diego Alexander

**Fecha de elaboración del
Resumen:**

20

02

2018

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al profesor **Diego Blanco Martínez** por guiarnos en este proceso, por su apoyo, colaboración y confianza depositada en nosotros, además de ello por el papel que desempeño de docente ejemplar en nuestra formación y por las herramientas que nos brindó para desempeñarnos exitosamente en nuestro ejercicio docente.

De manera muy especial también queremos agradecer a la **Doctora María Teresa Cortes**, por abrirnos las puertas en el Grupo de Investigación en Electroquímica y Materiales Poliméricos de la Universidad de los Andes, gracias a ello adquirimos conocimientos nuevos y que alimentaron enormemente nuestro trabajo de grado.

Agradecemos a cada uno de los docentes que participaron en nuestro proceso de formación por sus enseñanzas en cada uno de los espacios académicos, y a nuestros evaluadores por tener la disponibilidad de realizar los aportes y las sugerencias pertinentes para nuestro trabajo de grado.

Agradecemos a cada una de nuestras familias quienes con su esfuerzo y dedicación por educarnos nos permitieron estar finalizando este proceso.

Tabla de contenido

1. ANTECEDENTES	10
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
4. OBJETIVOS	16
4.1. GENERAL.....	16
4.2. ESPECÍFICOS.....	16
5. MARCO DE REFERENCIA	17
5.1. REFERENTE DIDÁCTICO.....	17
5.1.1. Trabajos prácticos de laboratorio.....	17
5.1.2. Clasificación de las prácticas de laboratorio.....	18
5.1.3. Guion de trabajo practico de laboratorio.....	20
5.1.4. Contenidos procedimentales.....	21
5.2. REFERENTE QUÍMICO.....	24
5.2.1. Polidopamina (PDA).....	24
5.2.2. Mecanismo de reacción.....	24
5.2.3. Métodos de síntesis.....	25
5.2.4. Variables que intervienen en la polimerización.....	27
5.2.5. Caracterización.....	27
6. METODOLOGÍA	31
6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
6.1.1. Diseño.....	31
6.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	31
6.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31

6.3.1.	Etapa de fundamentación	31
6.3.2.	Etapa de desarrollo:.....	32
6.3.3.	Etapa de análisis y evaluación:.....	37
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
7.1.	Caracterización de películas depositadas en FTO	39
7.1.3.	Caracterización de películas depositadas en	41
7.1.4.	Caracterización de polidopamina RAMAN.....	44
7.2.	Trabajos prácticos de laboratorio	49
8.	CONCLUSIONES	57
9.	RECOMENDACIONES	58
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXO 1.....		62
ANEXO 2.....		64
ANEXO 3.....		65
ANEXO 4.....		68
ANEXO 5.....		71
ANEXO 6.....		74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de las prácticas de laboratorio. Según Caballer y Oñorbe (1999), Tomada de López y Tamayo (2012).	18
Tabla 2. Clasificación de las prácticas de laboratorio según Caamaño (1992, 2003) y Perales (1994), Tomado de López, R., y Tamayo, O (2012).	19
Tabla 3. Clasificación de contenidos procedimentales. Fuente Pro Bueno, 1998, p. 25.	22
Tabla 4. Fotografías de las superficies.	44
Tabla 5. Parámetros de medición espectros RAMAN.	45
Tabla 6. Caracterización RAMAN estudio de pH y oxidante.	46
Tabla 7. Guion de TPL. Tomado y adaptado de Caamaño, A., (2007).	49

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Voltamperograma estudio de pH.	39
Gráfico 2. Espectro de impedancia estudio de pH.	40
Gráfico 3. Voltamperograma estudio de oxidante.	42
Gráfico 4. Espectro de impedancia estudio de oxidante.	42
Gráfico 5. Contenido A.1. identificación de problemas.	51
Gráfico 6. Contenido A.3. relación entre variables.	52
Gráfico 7. Contenido A.4. Diseños experimentales.	52
Gráfico 8. Contenido A.9. Transformación e interpretación de datos.	53
Gráfico 9. Contenido A.10. Análisis de datos.	54
Gráfico 10. Contenido B.1. Manejo de material y realización de montajes.	54
Gráfico 11. Contenido C.2. Utilización de diversas fuentes.	55

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1. Proceso oxidativo de obtención de polidopamina. Fuente Allende, B., 2012.	25
Ilustración 2. Formación de polidopamina. Fuente Allende, B., 2012.	26
Ilustración 3. Medición de ciclo voltamperometría. Fuente autores.	35
Ilustración 4. parámetros para la medición de espectroscopia de impedancia....	36
Ilustración 5. Medición de espectroscopia de impedancia. Fuente autores.....	36
Ilustración 6. Etapas de la metodología y sus actividades. Fuente autores.	38

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química va más allá de simplemente acoplar saberes descontextualizados, por el contrario el aprendizaje de las ciencias debe ir encaminado a que los estudiantes relacionen los conceptos con su cotidianidad, es por esto que surge la necesidad de integrar los conocimientos en el curriculum de ciencias como procedimentales, conceptuales y actitudinales, para ello se retoma como estrategia los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) que según Séré M., (2002) han mostrado ser eficaces en relación a otras estrategias pedagógicas debido a que integran los componentes del saber y el saber hacer en la medida en que ayudan a aprender la teoría, es decir, los conceptos, las leyes y los razonamientos específicos y también favorecen el aprendizaje de procedimientos, es decir del uso del saber teórico al tratar de realizar experiencias para dar respuesta a una situación problema.

Además, se hace necesario llevar a las aulas experiencias novedosas, situaciones de investigación de estudio reciente, con el fin de motivar a los estudiantes, como también diseñar nuevo material didáctico para el laboratorio y contribuir a la inclusión de nuevas herramientas para el aprendizaje de contenidos procedimentales, por tanto, es conveniente actualizar las experiencias en el laboratorio según las necesidades actuales de aprendizaje y avances científicos y tecnológicos, en este trabajo se aborda un componente conceptual perteneciente a la química de frontera que responde a la necesidad de implementar problemáticas innovadoras y motivantes en el aula.

En el marco de los trabajos de laboratorio se debe promover el desarrollo de contenidos procedimentales (CP) así como los contenidos conceptuales, de conformidad con ello, este documento presenta en primer lugar, una justificación donde se describe la importancia de este trabajo de grado, al estructurar tres guiones de trabajos prácticos de laboratorio para el aprendizaje de los CP. Para lograr dicha finalidad Caamaño plantea un "Guion de TPL" que contempla cinco fases y está orientado desde un enfoque investigativo, para este trabajo se diseñaron tres guiones de trabajos prácticos que favorecen el aprendizaje de siete contenidos procedimentales basado en la clasificación de De Pro Bueno, (1998) donde se aborda la síntesis y caracterización de polímeros como contenido procedimental, partiendo de un polímero biomimético de recién estudio. Más adelante se presentan los antecedentes y referentes conceptuales que aportaron a nivel químico, en los procedimientos de la síntesis química, y caracterización de polidopamina por métodos electroquímicos y analíticos, y en el componente

pedagógico sobre los trabajos prácticos de laboratorio y los contenidos procedimentales. Posterior a ello se expone la pregunta que orientó este trabajo de grado y los objetivos correspondientes.

Posteriormente se describe la metodología que se siguió en el desarrollo de la investigación, la cual se estructuró en tres etapas: En la primera etapa (Fundamentación) se determinó las bases teóricas para el estudio, en la segunda etapa (Desarrollo) se plantearon dos momentos: El experimental en el cual se llevó a cabo el estudio de la síntesis de polidopamina y su posterior caracterización para elegir el componente conceptual y el de diseño y aplicación de pilotaje, donde se estructuraron una serie de TPL y se sometieron a un proceso de validación para analizar los alcances de la propuesta en términos de contenidos procedimentales, cabe mencionar que el trabajo se encuentra bajo un enfoque mixto y se realiza en el grupo de sistemas fisicoquímicos II de la Universidad Pedagógica Nacional, conformado por 19 estudiantes, por último se analizan y evalúan los resultados para la formulación de conclusiones.

1. ANTECEDENTES

En el presente trabajo se tuvieron en cuenta antecedentes relacionados con los trabajos prácticos de laboratorio, los documentos están dirigidos al diseño de estrategias para el aprendizaje de conceptos en química, por tanto son relevantes ya que permitieron conocer el estado de la investigación en los TPL, por otro lado fue necesario sustentar conceptualmente la parte experimental, debido a esto se hizo un apartado de artículos científicos que investigan la polidopamina como biomaterial con gran potencial y viabilidad de uso en múltiples campos.

El trabajo de José Insausti y Mariano Merino (2000) titulado UNA PROPUESTA PARA EL APRENDIZAJE DE CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN EL LABORATORIO DE FÍSICA Y QUÍMICA, en el cual proponen y aplican un modelo para la enseñanza de contenidos procedimentales por medio del trabajo práctico de laboratorio, consiste en hacer pequeñas investigaciones propicias para el nivel educativo, sin embargo tiene unos límites para el planteamiento de nuevos temas o nuevos trabajos prácticos, la contribución a la presente investigación consiste en cómo ven las prácticas de laboratorio los docentes, los indicadores de evaluación son variados pero radican en el contenido actitudinal de los estudiantes y el entorno educativo para el desarrollo de las prácticas, también hacen una revisión a los textos de carácter científico en cuanto a los trabajos prácticos y su forma.

El trabajo de Paula Durango (2015) titulado LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO COMO UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA ALTERNATIVA PARA DESARROLLAR LAS COMPETENCIAS BÁSICAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA, hace una revisión bibliográfica sobre la importancia de los trabajos prácticos como herramienta en la enseñanza de las ciencias, la autora señala algunos marcos conceptuales a los que pueden estar dirigidos los trabajos prácticos como también algunas otras herramientas que pueden contribuir con el propósito de los trabajos, aunque se hace un estudio detallado en cuanto eficacia, finalidad, tipos de trabajos prácticos no se hace una propuesta, por tanto esta investigación contribuye en aspectos metodológicos a tener en cuenta para el diseño de trabajos prácticos y actividades relacionadas.

El trabajo de Marisol Montino, Diego Petrucci, José Ure, Alejandra Alemán, Silvia Pérez (2011) UNA PROPUESTA DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO QUE FAVORECE EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS, es una implementación y diseño de una modalidad de trabajos prácticos, partiendo de una serie de entrevistas hacia el alumnado e identificando problemas en las prácticas tradicionales, la contribución de este documento es la comparación en alcance y

propósito entre las prácticas de laboratorio clásicas y su propuesta, concluyendo cosas importantes a nivel de contenidos actitudinales, procedimentales y conceptuales, tales como el interés de los estudiantes, la motivación hacia la investigación, la puesta en escena de procedimientos para elaborar experiencias científicas, la utilización de los trabajos prácticos de laboratorio para la solución de situaciones científicas, diseño de metodologías, etc.

El trabajo de Yanlan Liu, Kelong Ai y Lehui Lu (2014) titulado POLYDOPAMINE AND ITS DERIVATIVE MATERIALS: SYNTHESIS AND PROMISING APPLICATIONS IN ENERGY, ENVIRONMENTAL, AND BIOMEDICAL FIELDS, hacen una revisión acerca de un polímero con propiedades excepcionales, la contribución de este documento es de brindar un panorama general de las aplicaciones y desarrollos de este material, también describen sus propiedades químicas y físicas, algunas pautas para su síntesis, algunos métodos de caracterización, además hacen un recuento histórico acerca de los avances en los múltiples campos en los que es utilizado, resaltando la importancia de investigar más sobre este material, sus contribuciones y la proyección de uso en otros ámbitos.

El trabajo de Qiang Wei, Fulong Zhang, Jie Li, Beijia Li and Changsheng Zhao (2010), titulado OXIDANT-INDUCED DOPAMINE POLYMERIZATION FOR MULTIFUNCTIONAL COATINGS, en el cual se realiza un estudio para obtener recubrimientos de polidopamina en distintos materiales por medio de la polimerización química utilizando un oxidante inducido a diferente pH. Se escogió como relación molar de oxidante a dopamina la correspondiente a (2:1 de oxidante a dopamina), la síntesis se hizo con una solución de dopamina a 2mg/mL en diferentes medios (ácido, básico y neutro) y se obtuvo recubrimientos en diferentes sustratos, lo cual aportó en el presente trabajo para la elección de oxidantes y concentración de dopamina.

El trabajo de Vincent Ball, Doriane Del Frari, Valérie Toniazzo y David Ruch (2012), titulado KINETICS OF POLYDOPAMINE FILM DEPOSITION AS A FUNCTION OF PH AND DOPAMINE CONCENTRATION: INSIGHTS IN THE POLYDOPAMINE DEPOSITION MECHANISM. En este trabajo de investigación se llevó a cabo el estudio del espesor de la película de polidopamina en función de la concentración de dopamina, encontrando que el incremento en el espesor de la película proporcional al aumento de la concentración de dopamina (0.1 g/L--5g/L).

El trabajo de Falk Bernsmann, Vincent Ball, Frederic Addiego, Arnaud Ponche, Marc Michel, Jose Joaquin de Almeida Gracio, Valerie Toniazzo, y David Ruch

(2011), titulado DOPAMINE-MELANIN FILM DEPOSITION DEPENDS ON THE USED OXIDANT AND BUFFER SOLUTION. El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de deposición de acuerdo con la incidencia de la naturaleza del oxidante y determinar el efecto de la solución tampón en la polimerización el aporte a este trabajo radica en el uso de oxígeno como oxidante en el proceso de polimerización en condiciones alcalinas a pH de 8,5 usando una solución tampón de fosfato de sodio 50 mM ajustando el pH con hidróxido de sodio.

2. JUSTIFICACIÓN

Los contenidos procedimentales han sido trabajados por distintos autores, sin embargo son pocas las estrategias para su enseñanza, en el currículo de ciencias actual se contempla que los estudiantes deben “aprender ciencia” y aprender a “hacer ciencia”, es por ello que la importancia de dichos contenidos radica en que el estudiante aprenda no solo los contenidos conceptuales o cognitivos sino además incorpore conocimientos metacognitivos que involucran destrezas y habilidades (Insausti, M. y Merino, M., 2000). Por lo anterior la presente investigación buscaba analizar los alcances de la propuesta en términos de los contenidos procedimentales por medio del diseño de una propuesta en el marco de los TPL y una prueba piloto aplicada a un grupo de estudiantes que cursan fisicoquímica. La importancia de abordar como temática disciplinar la polidopamina, su síntesis y caracterización radica en que dicho polímero es de reciente estudio y su investigación pertenece a la química de frontera, es decir, que existe un amplio campo de análisis que no ha sido abordado, además la polidopamina posee gran cantidad de aplicaciones en energía, ciencias biomédicas, tratamiento de aguas, nanotecnología entre otras y propiedades como conductividad eléctrica, adhesión, biocompatibilidad y degradación por lo tanto permite diseñar actividades en las cuales se puede involucrar gran cantidad de contenidos procedimentales.

Según Sére, M. (2002) los trabajos prácticos son actividades experimentales que implican además de aprender (operaciones principalmente intelectuales), el hacer y el saber hacer (operaciones de acción) estas deben ir ligadas entre sí, ya que para desarrollar las habilidades y destrezas procedimentales se debe involucrar un marco conceptual.

Los trabajos prácticos de laboratorio son esenciales debido a que fomentan motivación al estudiante y los conocimientos teóricos más allá de usarlos para verificar teorías y leyes se utilizan en el desarrollo de los TPL y contribuyen a crear conocimientos prácticos (contenidos procedimentales); pues “hacer no es suficiente para aprender, aun así, es indispensable hacer y tomar conciencia de lo que se hace, para aprender procedimientos, saber usarlos y llegar así a ser autónomo en la experimentación”. (Sére, 2002, p.362)

Caamaño, A., 2007 menciona el por qué realizar los trabajos prácticos y su relación con los contenidos procedimentales en la enseñanza de las ciencias y se enuncian a continuación:

- Motivan a los estudiantes y permiten un acercamiento al conocimiento experimental de muchos fenómenos.
- Permiten a los estudiantes relacionar variables para la interpretación de fenómenos.
- Permiten realizar experimentos para contrastar hipótesis.
- Facilitan experiencia para el buen manejo de instrumentos de medida y en el uso de técnicas de laboratorio y campo.
- Brindan un acercamiento a la metodología y los procedimientos propios del quehacer científico.
- Constituyen una oportunidad para el trabajo en equipo y desarrollo de habilidades procedimentales.

La propuesta presentada en este trabajo enseñó un compendio de trabajos prácticos de laboratorio, teniendo en cuenta el guion de laboratorio que plantea Caamaño, y se utilizó un pilotaje para verificar la pertinencia de estos en términos de los contenidos procedimentales que se pretenden evaluar a futuro cuando se implemente.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) como estrategia para la enseñanza de contenidos procedimentales han generado críticas con respecto a lo metodológico, es decir que dichos TPL se han convertido en recetas que el estudiante realiza sin comprender lo que hace, y su objetivo se reduce a demostrar conceptos vistos con anterioridad sin dar lugar al desarrollo de destrezas investigativas.

Por otro lado, no se duda de su utilidad para el aprendizaje de los procedimientos científicos, por lo que dicha estrategia brinda la posibilidad al estudiante de conocer cómo funciona el pensamiento científico (López y Tamayo, 2012), que implica habilidades de observación, formulación de hipótesis, realización de experimentos, relación entre variables, no obstante se debe fomentar el cambio de los TPL que son de tipo receta a otros que faciliten el desarrollo cognitivo y procedimental y por tanto produzcan nuevos conocimientos y refuercen los ya adquiridos.

En este trabajo de investigación se plantea una propuesta de cambio de los TPL tradicionales según lo propuesto por Caamaño (2007), que busca fomentar el desarrollo de los contenidos procedimentales estructurados por De Pro Bueno (1998), teniendo en cuenta la necesidad de implementar en el aula situaciones experimentales novedosas que motiven y capten la atención del estudiante, para el caso de este estudio se toma como contexto teórico la síntesis y caracterización de polidopamina un polímero de reciente estudio y que además tiene gran cantidad de aplicaciones en el campo de la química su campo de estudio es bastante extenso debido a que no se ha deducido aún la estructura química, no obstante los métodos de análisis modernos identifican ciertos grupos funcionales, lo cual ha conllevado a desarrollar mecanismos de reacción debido a su naturaleza química.

Desde esta perspectiva la pregunta de investigación que orienta este trabajo de grado:

¿Qué criterios desde el punto de vista metodológico y conceptual debe tener una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio relacionada con la síntesis y caracterización de polidopamina para desarrollar contenidos procedimentales?

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Diseñar una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio que retome como componente conceptual la síntesis y caracterización de polidopamina para el desarrollo de contenidos procedimentales.

4.2. ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del pH y el agente oxidante en la síntesis de polidopamina para definir el componente conceptual y procedimental de los TPL.
- Estructurar tres trabajos prácticos de laboratorio relacionados con las síntesis y caracterización de polidopamina que aborden algunos contenidos procedimentales.
- Analizar los alcances de la propuesta de los TPL en términos de los resultados obtenidos en una prueba piloto a propósito de los contenidos procedimentales seleccionados.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. REFERENTE DIDÁCTICO

5.1.1. Trabajos prácticos de laboratorio

Los trabajos prácticos de laboratorio son importantes en el proceso de enseñanza debido a que integran los conocimientos teóricos con los conocimientos prácticos, a medida que se realiza la experiencia más que verificar o contrastar teorías o leyes planteadas con resultados conocidos, dichos conocimientos teóricos son necesarios para tener conciencia de lo que se está haciendo y razonar qué conceptos y modelos están implicados, de esta manera se produce el aprendizaje y además se desarrolla de manera implícita las habilidades procedimentales (Séré, M. 2002).

En la enseñanza de las ciencias el papel que desempeña la actividad experimental va más allá de apoyar las clases teóricas ya que según López y Tamayo (2012), desarrolla curiosidad en los estudiantes para resolver problemas y explicar los fenómenos en los que se ven involucrados en su cotidianidad, por lo tanto las clases teóricas van de la mano con la enseñanza experimental permitiendo que se desarrolle en los estudiantes las habilidades y conocimientos de tipo procedimental, conceptual y actitudinal que exige la construcción del saber científico.

Según Gil (1999) (citado por López y Tamayo 2012); las prácticas de laboratorio son asociadas con el trabajo científico tanto por estudiantes como por docentes esta relación puede facilitar el cambio de las prácticas de laboratorio tipo recetas a otras que permitan al estudiante, de una parte, desarrollarse cognitivamente, exigiéndose más a sí mismo, para producir conocimientos y mejorar los ya adquiridos, pues las hipótesis con las que él llega al laboratorio deben ser producto de su propia actividad intelectual. Es tan clara la situación que un estudiante solo entiende lo que él ha podido reconstruir mediante la reflexión, la discusión con sus compañeros, con el profesor, su vivencia y sus intereses.

Las prácticas de laboratorio deben favorecer el análisis de resultados por parte de los estudiantes; abolir la estructura tipo receta de las guías posibilita la elaboración y puesta en común de un informe final, en el que se especifique claramente el problema planteado, las hipótesis emitidas, las variables que se tuvieron en cuenta, el diseño experimental realizado, los resultados obtenidos y las

conclusiones y, finalmente, producir una evaluación coherente con todo el proceso de resolución de problemas con criterios referidos al trabajo científico y al aprendizaje profundo de las ciencias.

5.1.2. Clasificación de las prácticas de laboratorio

Existen diversas clasificaciones de las prácticas de laboratorio desde la visión de diferentes autores, para este trabajo se tomaron las siguientes:

Clasificación de Caballer y Oñorbe (1999), citados por López y Tamayo (2012) en la cual se distinguen tres categorías y situaciones que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las prácticas de laboratorio. Según Caballer y Oñorbe (1999), Tomada de López y Tamayo (2012).

“Problemas-Cuestiones”	Su finalidad no es más que reforzar y aplicar la teoría.
“Problemas-Ejercicio”	Generalmente útiles para lograr el aprendizaje de técnicas de resolución ya establecidas (usar la balanza o pipetear).
“Problema-Investigación”	Los alumnos resuelven con metodología de investigación.

Los autores afirman que con respecto a la anterior clasificación (Tabla 1) es de destacar que las prácticas tradicionales se encuentran en las categorías de Problemas-Cuestiones, Problemas-Ejercicio, las cuales exigen poca demanda cognitiva a los estudiantes ya que los protocolos se dan paso a paso para la resolución de ejercicios y de esta manera en ocasiones los estudiantes no comprenden lo que hacen.

Caamaño (2003) y Perales (1994); citados por López y Tamayo (2012) realizan una clasificación de las prácticas de laboratorio con base a los siguientes criterios: carácter metodológico, objetivos didácticos, estrategia general de trabajo, carácter de realización y carácter organizativo docente, en los cuales se tienen en cuenta distintas características como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de las prácticas de laboratorio según Caamaño (1992, 2003) y Perales (1994), Tomado de López, R., y Tamayo, O (2012).

Clasificación	Descripción
<p align="center">Por su carácter metodológico</p>	<p>Abiertos: Se le plantea un problema al estudiante, el cual debe conducirlo a la experimentación, en la que le sirven sus conocimientos hábitos y habilidades, pero no le son suficientes para resolverlo.</p>
	<p>Cerrados ("Tipo Receta"): Se ofrecen a los estudiantes todos los conocimientos bien elaborados y estructurados.</p>
	<p>Semi abiertos o Semi cerrados: No se le facilitan a los estudiantes todos los conocimientos elaborados y con el empleo de situaciones problémicas se les motiva a indagar, suponer y hasta emitir alguna hipótesis.</p>
	<p>De verificación: Dirigido a la verificación o comprobación experimental de los contenidos teóricos de la asignatura, de leyes y principios.</p>
	<p>De predicción: Se dirige la atención del estudiante hacia un hecho, manifestación u ocurrencia en un montaje experimental dado.</p>
<p align="center">Por sus objetivos</p>	<p>Inductivos: A través de tareas bien estructuradas se le orienta al estudiante paso a paso el desarrollo de un experimento hasta la obtención de un resultado que desconoce.</p>
	<p>De Investigación (integraría a los anteriores): A través de tareas bien estructuradas se le orienta al estudiante paso a paso el desarrollo de un experimento hasta la obtención de un resultado que desconoce.</p>
<p align="center">Por su carácter de realización</p>	<p>Personalizadas: Los estudiantes van rotando por diferentes diseños experimentales relacionados con determinados contenidos de la asignatura, que recibirán durante todo el curso y que puede ser que aún no lo hayan recibido en las clases teóricas.</p>
	<p>Temporales: Se planifican en el horario docente y que el profesor ubica, con el tiempo de duración correspondiente, para que sea de estricto cumplimiento por parte de los estudiantes.</p>
	<p>Semitemporales / Semiespaciales: Se establece un límite espaciotemporal, en su planificación</p>

	docente, para que los alumnos puedan y deban realizar las prácticas de laboratorios correspondientes a determinado ciclo de los contenidos teóricos.
Por su carácter organizativo docente	Espaciales: Se le informa a los estudiantes, al inicio del curso escolar, el sistema de prácticas de laboratorios que deben vencer en la asignatura para darle cumplimiento a los objetivos de su programa de estudio, y se les facilitan las orientaciones para su realización.

5.1.3. Guion de trabajo practico de laboratorio

Caamaño, A. (2007) esboza como debe ser un guion de TPL con un enfoque investigación mediante el planteamiento de cinco fases que se presentan a continuación:

- Fase de percepción e identificación del problema: en esta etapa los estudiantes deben darse cuenta de cuál es el problema que hay que resolver, ponerlo en contexto y reformularlo para plantear hipótesis e identificar las variables significativas que deberán ser investigadas.
- Fase de planificación: Los estudiantes deben determinar:
 - ¿Cuál es a variable dependiente e independiente?
 - ¿Cómo puede medirse la variable dependiente?
 - ¿Cómo puede variarse y medirse la variable independiente?, ¿ cuántas medidas deben realizarse, en el caso de que sea una variable continua.
 - ¿Cuáles son las variables que se debe controlar?, es decir, mantener Constantes.
 - ¿Con qué precisión deben realizarse las medidas?

Además de lo anterior en esta etapa los estudiantes deben diseñar y redactar un plan de trabajo, que debe ser mostrado y discutido con anterioridad.

- Fase de realización: que supone el montaje del dispositivo de contrastación y de los instrumentos de medida necesarios, la realización de la experiencia, la toma o la recogida de datos, y el tratamiento de los datos obtenidos (cálculos, gráficos, etc.).
- La fase de interpretación y evaluación, que supone la interpretación de los datos y la valoración del resultado o los resultados obtenidos, atendiendo a su plausibilidad, comparando los resultados propios con los obtenidos por otros grupos y recabando información adicional de otras fuentes.

- fase de comunicación: implica la redacción de un informe y, a veces, la comunicación oral de la investigación realizada.

5.1.3.1. Tiempo de aplicación del trabajo práctico

El autor propone que las anteriores fases deben ser aplicadas en un mínimo de dos a tres sesiones de trabajo según la complejidad del TPL propuesto.

- Sesión 1: (30- 50 minutos de acuerdo con la complejidad de la investigación) Aquí se presenta a los estudiantes el objetivo, y se deja que armen los grupos de trabajo para que diseñen el procedimiento a seguir y qué materiales son necesarios y se realiza una puesta en común de todo el grupo antes de dar inicio a la investigación.
- Sesión 2: se destina a la realización de la experiencia, tomar datos e iniciar su tratamiento y análisis (tablas, cálculos, gráficos, dibujos).
- Sesión 3: para finalizar el tratamiento de los datos, comparar los resultados entre los grupos y evaluarlos. También puede realizarse el informe escrito con la ayuda del docente o se puede preparar la comunicación oral de los resultados y la puesta en común de todo el grupo.

Dadas las posibilidades de los trabajos prácticos de laboratorio que se abordaron, para este estudio se diseñaron tres guiones que enmarcan la síntesis de polidopamina a través del método el oxidativo, teniendo en cuenta las variables que afectan dicho procedimiento como lo son el pH y el tipo de oxidante y las técnicas que se utilizaron para caracterizar el polímero obtenido a través de métodos como RAMAN, espectroscopia de impedancia y voltamperometría cíclica. Todo ello implica el uso y el aprendizaje de los siete contenidos procedimentales (A.1; A.3; A.4; A.9; A.10; B.1 y C.2), que se tomaron para este trabajo y se describen en la tabla 3.

5.1.4. Contenidos procedimentales

El contenido procedimental ha sido trabajado por distintos autores teniendo diferentes definiciones acerca de ellos como las de Hodson (1994), Duggan y Gott (1995), White (1996) citados por Pro Bueno (1998) que manifiestan la importancia de los conocimientos procedimentales en los trabajos prácticos. Además de lo anterior algunos otros autores se han dedicado a clasificar dichos contenidos como lo son Lock (1992), Lawson (1994), Pro Bueno (1998), (citados por Hernández, L. y Crespo M., 1998) que realizan categorías de dichos procedimientos, sin embargo para efectos del estudio de la síntesis y caracterización de polímeros se tiene en cuenta para este estudio la definición y

clasificación de contenidos procedimentales propuestas por Pro Bueno, 1998 que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de contenidos procedimentales. Fuente Pro Bueno, 1998, p. 25.

Clasificación de contenidos procedimentales	
<p>A. Habilidades de investigación</p> <p>A.1. Identificación de problemas</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Conocimiento del motivo del problema. ● Identificación de variables, obtención de datos, contexto... ● Identificación de partes del problema. ● Planteamiento de cuestiones. <p>A.2. Predicciones e hipótesis</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Establecimiento de conjeturas contrastables. ● Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados. ● Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico. <p>A.3. Relaciones entre variables</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Identificación de variables (dependiente, independiente). ● Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables. ● Establecimiento de procesos de control y exclusión de variables. <p>A.4. Diseños experimentales</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación. ● Establecimiento de una estrategia de resolución de un problema. <p>A.5. Observación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Descripción de observación y situaciones. ● Representación esquemática de una observación, hecho. ● identificación de propiedades, características. ● Registro cualitativo de datos. <p>A.6. Medición</p>	<p>A.10. Análisis de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Formulación de tendencias o relaciones cualitativas ● Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos ● Identificación de posibles fuentes de error. <p>A.11. Utilización de modelos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Uso de modelos analógicos o a escala ● Uso de fórmulas químicas, de modelos matemáticos y teóricos. <p>A.12. Elaboración de conclusiones</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Interferencias inmediatas a partir de los datos o del proceso. ● Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones. ● juicio crítico de los resultados y del proceso de obtención. <p>B. Destrezas manuales</p> <p>B.1. Manejo de material y realización de montajes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Manipulación del material, respetando normas de seguridad. ● Manipulación correcta de los aparatos de medida. ● Realización de montajes previamente especificados. <p>B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones.</p> <p>C. Comunicación</p> <p>C.1. Análisis de material escrito o audiovisual</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Identificación y reconocimiento de ideas.

<ul style="list-style-type: none"> ● Registro cuantitativo de datos. ● Selección de instrumentos de medida adecuados ● Estimación de medidas sin “medir”. ● Estimación de la precisión de un instrumento. <p>A.7. Clasificación y seriación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Utilización de criterios de clasificación. ● Diseño y aplicación de claves de categorización propias. ● Realización de series a partir de características o propiedades. ● <p>A.8. Técnicas de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio. ● Utilización de estrategias básicas para resolución de problemas. <p>A.9. Transformación e interpretación de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Organización de datos (cuadros, tablas). ● Representación de datos (gráficas), extrapolación de datos. ● Interpretación de observaciones, datos, medidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Interferencia próxima a partir de la información ● Establecimiento de implicaciones y consecuencias. <p>C.2. Utilización de diversas fuentes</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Búsqueda de datos e información en diversas fuentes. ● Identificación de ideas comunes, diferentes, complementarias. ● <p>C.3. Elaboración de materiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Informe descriptivo sobre experiencias y procesos vividos. ● Informe estructurado a partir de un guion de preguntas. ● Informe abierto o ensayo.
---	--

Para el autor los contenidos procedimentales se encuentran en el mismo nivel que los conceptuales es decir que tienen la misma importancia, estos se definen en el currículum de ciencias como el conjunto de acciones y habilidades ordenadas que se orientan al alcance de una meta, estas operaciones también pueden ser consideradas como destrezas que el estudiante debe construir pues no son innatas, sino que se desarrollan dentro de un proceso de aprendizaje. No debe confundirse un procedimiento con una metodología. Es, por tanto, un contenido escolar objeto de planificación e intervención educativa (como se cita en Pro Bueno, 1998 p.22)”, se clasifican en: Habilidades de investigación, destrezas manuales y comunicación como se evidencia en la tabla 3.

Teniendo en cuenta estos contenidos procedimentales y el guion de laboratorio que plantea Caamaño para la adquisición de habilidades y actitudes al analizar y resolver un problema diseñado, para ello se realizó una revisión teórica con respecto al contenido disciplinar a trabajar en los tres guiones estructurados como propuesta para el aprendizaje de dichas habilidades, por tanto, se indagó acerca

de las condiciones de síntesis de polidopamina, el mecanismo de polimerización, y las técnicas de caracterización para la posterior construcción de los TPL.

5.2. REFERENTE QUÍMICO

5.2.1. Polidopamina (PDA)

La Polidopamina es un polímero sintético análogo a las melaninas obtenido de la dopamina, aunque se han realizado numerosos estudios acerca de este material no se ha podido especificar una estructura química, sin embargo, una variedad de modelos ha sido propuestos y los métodos de análisis modernos identifican ciertos grupos funcionales. A pesar de ello el estudio de la polidopamina ha despertado gran interés debido a la multiplicidad de aplicaciones encontradas que incluyen revestimientos de superficies, biotecnología, biomedicina, membranas de purificación de agua, entre otras; estas aplicaciones son posibles debido a que las películas de polímero son robustas y se depositan en una amplia gama de superficies, además de su comportamiento inerte ante duros ambientes químicos (Dreyer, D., Miller, D., Freeman, B., Paul, D. y Bielawski, W., 2013).

5.2.2. Mecanismo de reacción

Aunque la polidopamina se puede producir de una manera relativamente fácil, el mecanismo molecular detrás de la formación del polímero ha sido un tema de debate científico durante mucho tiempo, debido al complejo proceso redox, así como la generación de una serie de productos intermedios de reacción (Liu, Y.et al, 2014).

El mecanismo por el cual la dopamina polimeriza aún está en debate, sin embargo, se ha determinado ciertos pasos en este proceso, como se muestra en el esquema 1.

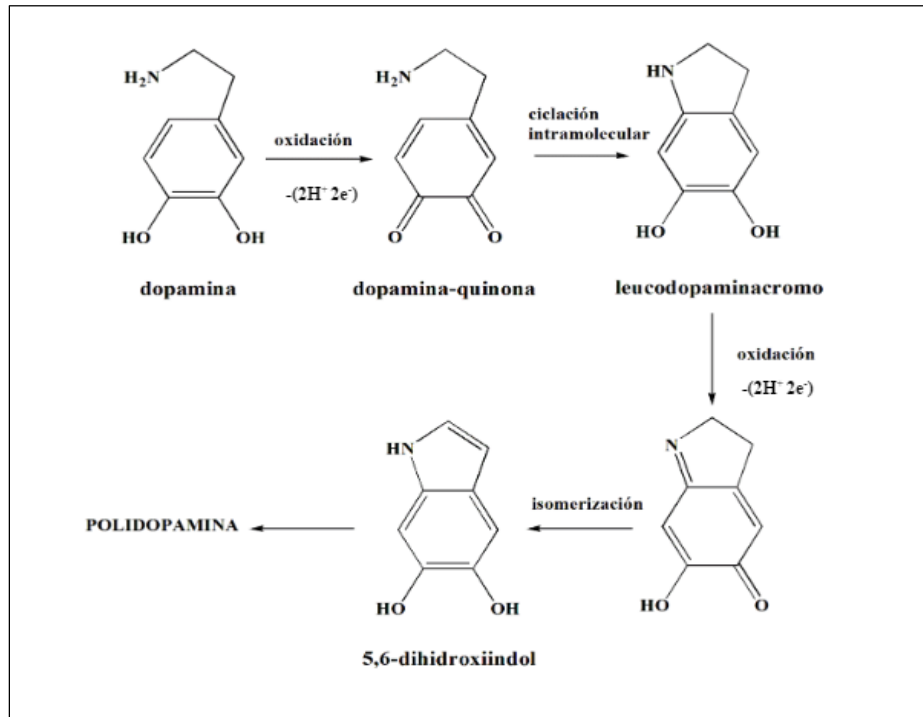


Ilustración 1. Proceso oxidativo de obtención de polidopamina. Fuente Allende, B., 2012.

En este proceso la dopamina es oxidada a dopamina-quinona; entonces la ciclación intramolecular de la dopamina-quinona conduce al leucodopaminacromo; y luego el leucodopaminacromo se oxida a dopaminacromo; que posteriormente sufre una etapa de isomerización para producir 5,6-dihidroxiindol que luego es polimerizado para formar la polidopamina.

5.2.3. Métodos de síntesis

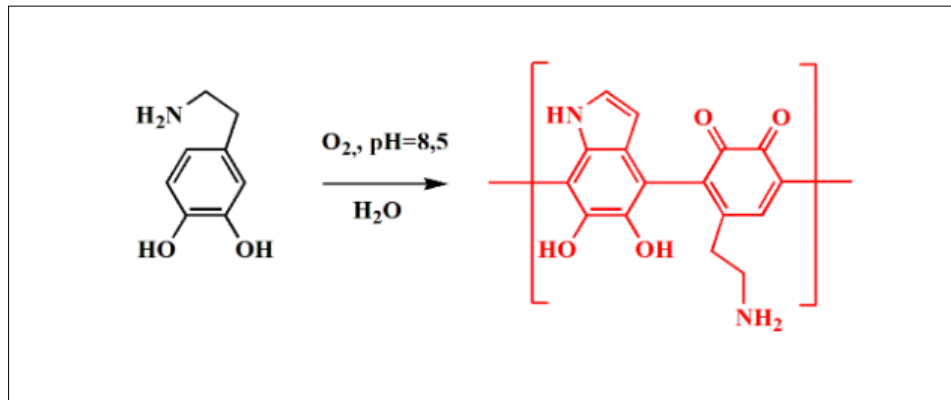


Ilustración 2. Formación de polidopamina. Fuente Allende, B., 2012.

La Polidopamina es un polímero biomimético, una de sus características es la forma en que es obtenido, existen métodos para su síntesis, algunos de ellos de oxidación química o enzimática y electroquímica.

En el medio oxidativo cuya síntesis es la más común, se ha encontrado que la dopamina (clorhidrato de dopamina) en una solución ligeramente alcalina típicamente Tris. Bajo condiciones aeróbicas acuosas se auto polimeriza, dando así una solución color café, y la deposición de manera espontánea de polímero en gran variedad de sustratos y el espesor de película puede controlarse ajustando la concentración de monómeros de dopamina y el tiempo de polimerización (Liu, Y. et al, 2014).

Según Liu Y. et al, (2014) un método complementario de obtención de polidopamina es por medio de un proceso de oxidación enzimática, en el que la dopamina sufre oxidación seguido de polimerización por acción de la enzima Lacasa a pH 6,27 y la estructura resultante es atractiva cuando se piensa en aplicaciones como biosensores. Otra alternativa es la electropolimerización, la cual tiene lugar utilizando la voltamperometría cíclica en una solución desoxigenada y dentro de un rango de potencial y una tasa de barrido dada, con este protocolo el polímero se deposita directamente en el electrodo de trabajo con una película de mayor espesor en comparación con el método oxidativo, pese a su efectividad y simplicidad todavía existen algunas limitaciones.

5.2.4. Variables que intervienen en la polimerización.

5.2.4.1. Oxidante.

De acuerdo con Liu, Y., et al (2014) para la obtención de polidopamina es necesario tener en cuenta unas variables que alteran el espesor de película obtenida, para el caso del método de síntesis por oxidación de dopamina en medio básico, como es de esperar el uso del oxidante es un factor crucial como se ilustra en el esquema 2, el oxígeno se usa frecuentemente y participa en la oxidación de dopamina, así como en la conversión de 5,6-dihidroxiindol en la quinina correspondiente. Por lo que la dopamina no se polimeriza en soluciones deshidrogenadas (ácidas) y sin la presencia de oxidantes.

Es necesario conocer la naturaleza del agente oxidante. Según Carrasco, J. (2013) la cinética de la deposición de las partículas depende del oxidante empleado que puede ser aire, peroxodisulfato amónico y periodato de potasio, pues el uso de oxidantes más energéticos que el oxígeno aumenta la velocidad de la reacción de polimerización.

5.2.4.2. pH de la solución.

Algunas investigaciones fundamentales sobre el mecanismo de oxidación de dopamina en dopamina-quinona evidencian que el equilibrio depende del pH, es decir, a medida que este aumenta, se produce la oxidación, se consumen protones y el equilibrio se desplaza hacia el producto (esquema 1), por tanto, en condiciones ácidas no debería ocurrir la polimerización (Ball, V. et al, 2012).

5.2.5. Caracterización

5.2.5.1. Voltamperometría cíclica (VC).

La voltamperometría cíclica (VC) es una técnica electroquímica, los estudios realizados con esta permiten conocer mucha información de un sistema, uno de sus usos es la determinación de mecanismos de reacción, sin embargo, la sensibilidad tan alta asociada a esta no permite utilizarla como una técnica cuantitativa.

La VC consiste en hacer un cambio cíclico del potencial aplicado al electrodo de trabajo, respecto a uno de referencia. Fijando unos potenciales de inversión de

barrido y una velocidad dada (v/s), se utiliza un sistema de tres electrodos: trabajo, contra electrodo y referencia, además no sólo en las celdas se encuentra el analito de estudio sino también se suele utilizar un electrolito soporte, este último tiene múltiples funciones una de ellas es disminuir la resistencia de la solución ya que influye bastante en la exactitud de esta técnica.

El resultado del análisis por VC es un voltamperograma cíclico que es un gráfico intensidad de corriente versus potencial suministrado, por tanto, se pueden evidenciar picos de intensidad de corriente asociados a procesos redox. Estos picos pueden ser de dos tipos catódicos o anódicos, y en reacciones donde ocurran uno o más procesos redox se corresponderá con el mismo número de señales (Suarez, M., 2011).

5.2.5.2. Espectroscopia de impedancia (EIS).

La espectroscopia de impedancia (EIS) es una técnica ampliamente utilizada en la caracterización en procesos de interface electrodo-electrolito, el procedimiento experimental consiste en aplicar un impulso periódico de potencial o corriente a un electrodo en un electrolito dado, de eso resulta una señal de corriente o voltaje que se analiza determinando su amplitud y un ángulo de desfase entre las dos señales. Esta relación entre los valores de impedancia y frecuencia genera un registro que se conoce como espectro de impedancia.

Este método tiene diversas aplicaciones, entre ellas en la ciencia de los biomateriales, en la cual los metales son los materiales más adecuados para la reparación o el reemplazo del tejido óseo, debido a que poseen una elevada resistencia mecánica lo que evita la fractura. A pesar de lo anterior el cuerpo humano es un medio acuoso por lo tanto el uso de materiales metálicos puede dar lugar a fenómenos de corrosión denominados procesos electroquímicos. Los productos de corrosión y los iones metálicos liberados por la corrosión electroquímica, en especial por la retirada mecánica de la capa de pasivación y la corrosión galvánica pueden presentar un gran riesgo en las aplicaciones de los metales como biomateriales ya que pueden generar efectos citotóxicos (destrucción de las células).

La biocompatibilidad es un factor vital para determinar la idoneidad de un material para aplicaciones en el campo biomédico, otro material que muestra una excelente compatibilidad con el cuerpo humano es la polidopamina, algunos estudios realizados han demostrado que dicho polímero no ha obstaculizado la viabilidad o

proliferación de muchos tipos de células de mamíferos, además se demostró que las nanopartículas de polidopamina no inducen efectos citotóxicos evidentes.

Por lo anterior la EIS es uno de los métodos que más información proporciona sobre las propiedades de la interface biomaterial/electrolito, ya sea para analizar el acabado superficial del biomaterial o para caracterizar la capa de óxido o recubrimiento protector superficial (Vázquez, J. 2007).

5.2.5.3. Espectroscopia RAMAN

La espectroscopia Raman es una forma de espectroscopia vibratoria, muy similar a la espectroscopia infrarroja (IR). Sin embargo, mientras que las bandas IR surgen de un cambio en el momento dipolar de una molécula debido a una interacción de la radiación monocromática del espectro visible con la molécula, las bandas Raman surgen de un cambio en la polarizabilidad de la molécula debido a la misma interacción. Esto significa que estas bandas observadas (que corresponden a transiciones energéticas específicas) surgen de vibraciones moleculares específicas. Cuando las energías de estas transiciones se trazan como un espectro, se pueden usar para identificar a la molécula, ya que proporcionan una "huella digital molecular" de la molécula observada. Ciertas vibraciones permitidas en Raman están prohibidas en IR, mientras que otras pueden ser observadas por ambas técnicas, aunque a intensidades significativamente diferentes, por lo tanto, estas técnicas pueden considerarse complementarias.

Desde el descubrimiento del efecto Raman en 1928 por CV Raman y KS Krishnan, la espectroscopia RAMAN se ha convertido en un método establecido y práctico de análisis químico y caracterización aplicable a muchas especies químicas diferentes.

Las muestras pueden estar en forma de

- sólidos (partículas, pellets, potencias, películas, fibras)
- líquidos (geles, pastas)
- gases

5.2.5.3.1. El efecto RAMAN

Cuando la luz se dispersa desde una molécula, la mayoría de los fotones se dispersan elásticamente. Los fotones dispersos tienen la misma energía (frecuencia) y, por lo tanto, la longitud de onda, que los fotones incidentes. Sin embargo, una pequeña fracción de luz (aproximadamente 1 de cada 10^7 fotones)

se dispersa a frecuencias ópticas diferentes, y generalmente más bajas, que la frecuencia de los fotones incidentes. El proceso que conduce a esta dispersión inelástica es el llamado efecto Raman. La dispersión Raman puede ocurrir con un cambio en la energía vibratoria, rotacional o electrónica de una molécula. Los químicos se preocupan principalmente por el efecto vibratorio Raman. La diferencia de energía entre el fotón incidente y el fotón disperso Raman es igual a la energía de una vibración de la molécula de dispersión. Un diagrama de intensidad de luz dispersada versus diferencia de energía es un espectro Raman.

5.2.5.3.2. Espectro RAMAN

Un espectro de Raman es un gráfico de la intensidad de la radiación dispersa Raman en función de su diferencia de frecuencia de la radiación incidente (por lo general en unidades de números de onda, cm^{-1}). Esta diferencia se llama cambio de Raman, debido a que es un valor de diferencia, el desplazamiento de Raman es independiente de la frecuencia de la radiación incidente.

Un espectro Raman se presenta como un cambio de intensidad versus longitud de onda, los espectros Raman pueden registrarse en un rango de $4000-10 \text{ cm}^{-1}$ sin embargo, los modos normales de vibración de las moléculas orgánicas Raman ocurren en el rango de $4000-400 \text{ cm}^{-1}$. Según el diseño del espectrofotómetro y los componentes ópticos, los espectros típicos de Raman cubren la región del número de onda entre $400-5 \text{ cm}^{-1}$ y $4000-3800 \text{ cm}^{-1}$. Un espectro de Raman es significativamente más simple que sus contrapartes de infrarrojos (IR) porque en matices de Raman normales, las bandas de combinación y diferencia son raras (Singh, G., y Rakesh, M., 2015)

6. METODOLOGÍA

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología propuesta para el presente trabajo se encuentra bajo el paradigma mixto de investigación que, según Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010) implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para dar respuesta a un planteamiento del problema.

6.1.1. Diseño

El diseño es de tipo transformativo secuencial, el cual incluye dos etapas de recolección de datos, la fase inicial puede ser la cuantitativa o la cualitativa, o es posible otorgarles la misma importancia, los resultados obtenidos son integrados durante el análisis e interpretación (Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M., 2010).

6.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

En este trabajo de investigación se aplicó un pilotaje de la propuesta a 19 estudiantes con edades que oscilan entre 19 y 25 años, del ciclo de profundización del espacio académico de sistemas fisicoquímicos II, en el departamento de química de la Universidad Pedagógica Nacional.

6.3. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el diseño metodológico de esta investigación se plantean cuatro etapas que se describen a continuación:

6.3.1. Etapa de fundamentación

En esta etapa se realizó una fundamentación teórica respecto a los contenidos procedimentales, su definición y clasificación, se determinó el marco de referencia a utilizar, como también se hizo una revisión bibliográfica acerca de la

polidopamina sus usos y aplicaciones, se determinaron las variables a estudiar, pH y naturaleza química del oxidante, además se eligieron los métodos de caracterización y los sustratos en donde se iba a depositar el polímero, por tanto se desarrolló una consulta teórica acerca de la voltamperometría cíclica y espectroscopia de impedancia.

6.3.2. Etapa de desarrollo:

Esta etapa se divide a su vez en dos momentos:

6.3.2.1. Experimental:

En esta fase se evaluó el efecto del pH y el agente oxidante en la síntesis de polidopamina y se definió el componente conceptual de la propuesta de TPL, se determinaron los parámetros y condiciones químicas para hacer la síntesis de polidopamina, su caracterización y planteamiento como eje problemático de la propuesta de trabajos prácticos para el aprendizaje de contenidos procedimentales.

En la revisión bibliográfica se encontraron dos métodos para la síntesis, química y electroquímica, además de distintas formas de caracterizar el polímero, por lo tanto, se decidió escoger métodos electroquímicos que respondieran a la deposición del polímero y acompañar este estudio con un método analítico para la identificación de grupos funcionales. Se establecieron las siguientes variables a estudiar y los métodos de caracterización:

- Estudio de la síntesis de polidopamina en función del pH
- Estudio de la síntesis de polidopamina en función del oxidante
- Espectroscopia de impedancia (EIS)
- Voltamperometría cíclica (VC)
- Espectroscopia RAMAN

La deposición del polímero se llevó a cabo sobre vidrio FTO, debido a las ventajas que tiene trabajar con él, su bajo costo, baja resistencia eléctrica, elevada transparencia en el rango visible del espectro electromagnético y también gracias a sus grandes propiedades absorbentes y estabilidad química, es viable la síntesis de la polidopamina.

El estudio de la síntesis de polidopamina en función del pH se planteó debido al efecto que tiene este sobre el mecanismo de polimerización, según Ball, V. et al

(2012), los grupos aminos presentes pueden hidrolizarse a pH ligeramente básicos, por tanto, la formación del polímero se puede ver influenciada en función del pH.

El método químico de la síntesis consiste en un método oxidativo según Wei, Q., Zhang, F., Li, J., Li, B. y Zhao, C. (2010), la formación de polidopamina puede verse altamente afectada debido al uso de oxidantes fuertes, por tanto, se propuso estudiar el efecto de tres tipos de oxidante: oxígeno proveniente del aire, persulfato de amonio y percarbonato de sodio.

El método de voltamperometría cíclica se formuló para caracterizar la superficie de polímero de acuerdo con los cambios de los picos de intensidad de corriente respecto al blanco y determinar en qué medida estaba recubierto el electrodo, por tanto, se puede hacer una relación cualitativa entre la cantidad de polímero depositada en el vidrio FTO y la intensidad de corriente.

Con respecto a la espectroscopia de impedancia, es posible analizar qué tan resistivo es el electrodo recubierto con polidopamina, debido a esto se puede comparar con respecto a un electrodo desnudo y hacer una relación cualitativa de la cantidad de polímero formado en la superficie de acuerdo con el espectro se evalúa la amplitud del domo.

El último análisis por realizar es en relación con el método de caracterización RAMAN que da un acercamiento a los grupos funcionales existentes en la molécula de polidopamina por medio de la asignación de las bandas características.

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron los siguientes reactivos y procedimientos:

Reactivos:

Dopamina. *HCl (Sigma Aldrich)*, [DA]: 5 g/L

Buffer TRIS, pH: 8,5 pH:7,0 y pH: 10

Persulfato de Amonio (*Sigma Aldrich*)

Percarbonato de sodio (*Sigma Aldrich*)

Limpieza de los vidrios FTO

Los vidrios se sumergieron en etanol absoluto y se llevaron al ultrasonido por 10 min, luego se secaron con una corriente de nitrógeno, después se realizó el mismo procedimiento con acetona, y se finalizó con una corriente de nitrógeno para secar.

Estudio del pH

En la obtención del polímero de Polidopamina (PDA), por el método químico se utilizó como sustrato láminas de vidrio FTO (vidrio cubierto con óxidos de estaño y flúor) de aproximadamente 1 cm de ancho por 2 cm de largo, los cuales se sumergieron en 10 mL de solución de dopamina (DA) [5g/L] en buffer de TRIS [0,1 M] a pH 7,0; 8,5 y 10 en persulfato de amonio (en una relación de moles 2:1 DA-oxidante), durante un tiempo de síntesis de 24 horas.

Pasado el tiempo de síntesis se retiró el vidrio de la solución y se secó con nitrógeno.

Estudio del Oxidante

En este caso la síntesis del polímero se realizó siguiendo el mismo procedimiento anterior, pero variando la naturaleza del oxidante, los cuales fueron persulfato de amonio, percarbonato de sodio y oxígeno, este último se adicionó por medio de un burbujeo de aire durante 5 min, en relación molar de 2: 1DA-oxidante, el pH utilizado en los experimentos fue de 8,5 y la concentración de DA fue de 5 g/L.

La caracterización electroquímica de las películas de polidopamina se realizó por medio de dos métodos: voltamperometría cíclica en una solución de 0,01 M $K_3[Fe(CN)_6]$ en KCl 1M y espectroscopia de impedancia en una solución de 5mM $K_3[Fe(CN)_6]$ y $K_4[Fe(CN)_6]$ en PBS (Phosphate-buffered saline) 0,1M pH 7,4.

- **Caracterización voltamperometría cíclica**

Las voltamperometrías cíclicas se hicieron utilizando hexacionaferrato (III) de potasio [0,01M], en KCl [0,1M] (electrolito soporte).

Parámetros

Los potenciales de inversión de barrido elegidos para este sustrato son: -0,8 V - 0,9 V, la velocidad de barrido se hizo a 100 mV/s y 5 ciclos de barrido, utilizando un potencióstato autolab y su interfaz NOVA.

Procedimiento

Para realizar las mediciones se utiliza un electrodo de referencia de calomelanos saturado, un contra electrodo de platino y el electrodo de trabajo de FTO. El

sistema es sumergido en una celda de 10 mL de capacidad y se sigue el procedimiento del esquema 3.

Para la elaboración del electrodo de trabajo al vidrio de FTO se le realizó un lavado con agua desionizada y a continuación se le hizo un contacto constituido por una capa de esmalte de plata y se aisló de la solución con resina epóxica.

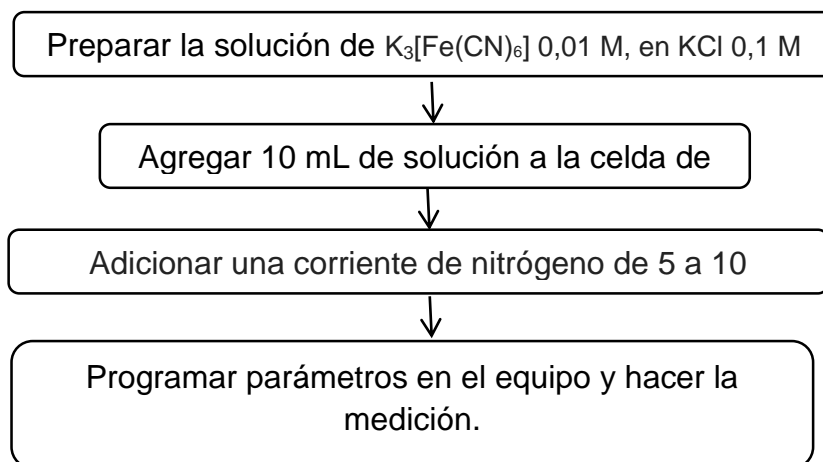


Ilustración 3. Medición de ciclo voltamperometría. Fuente autores.

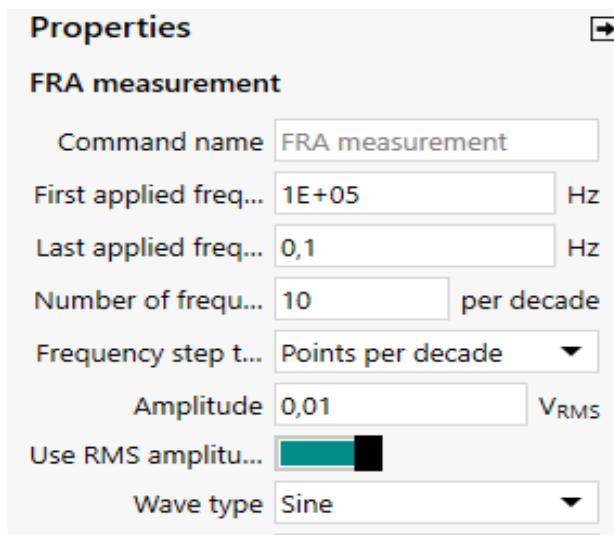
*El procedimiento se repite tanto para el blanco como para la muestra problema.

- **Caracterización espectroscopia de impedancia (EIS)**

La caracterización electroquímica de las películas de polidopamina se realizó por medio de dos métodos: voltamperometría cíclica en una solución de 0,01 M $K_3[Fe(CN)_6]$ en KCl 1M y espectroscopia de impedancia en una solución de 5mM $K_3[Fe(CN)_6]$ y $K_4[Fe(CN)_6]$ en PBS (Phosphate-buffered saline) 0,1M pH 7,4.

La EIS se realizó utilizando una solución de hexacionaferrato (II) de potasio y hexacionaferrato (III) de potasio en PBS (Phosphate-buffered saline) 0,1M pH 7,4.

Parámetros



The image shows a software interface titled 'Properties' with a sub-section 'FRA measurement'. It contains several input fields and a checkbox:

- Command name: FRA measurement
- First applied freq...: 1E+05 Hz
- Last applied freq...: 0,1 Hz
- Number of frequ...: 10 per decade
- Frequency step t...: Points per decade (dropdown menu)
- Amplitude: 0,01 V_{RMS}
- Use RMS amplitu...:
- Wave type: Sine (dropdown menu)

Ilustración 4. Parámetros para la medición de espectroscopia de impedancia.

Para la medición del espectro de impedancia de la superficie recubierta es necesario programar el equipo antes de cada medida, en este caso fueron usados los parámetros que se muestran en el esquema 4.

Procedimiento

Se utiliza el mismo sistema de tres electrodos y sustrato mencionado, siguiendo el proceso representado en el esquema 5.

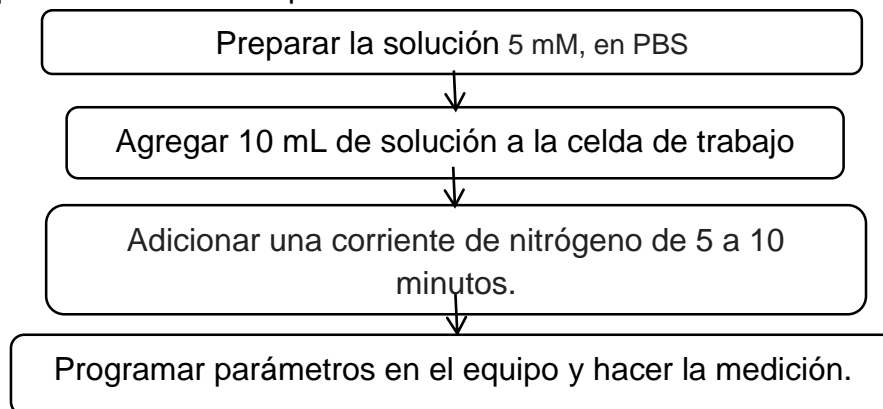


Ilustración 5. Medición de espectroscopia de impedancia. Fuente autores.

6.3.2.2. Estructuración de los TPL y aplicación de pilotaje:

En esta fase se realizó la estructuración de tres trabajos prácticos de laboratorio bajo el modelo de guion propuesto por Caamaño, A. (2007) haciendo una modificación de cinco a cuatro etapas, ya que el enfoque es investigativo se tomó como componentes conceptuales la síntesis por el método oxidativo de polidopamina en un electrodo (vidrio FTO) teniendo en cuenta las variables que afectan su polimerización, en este caso el pH y naturaleza química del oxidante, además de la posterior caracterización a través de dos métodos electroquímicos: voltamperometría cíclica y espectroscopia de impedancia de esta manera se diseñaron tres guiones de TPL que implican el uso y aprendizaje de siete contenidos procedimentales (A.1; A.3; A.4; A.9; A.10; B.1 y C.2).

Para determinar la pertinencia de dicha propuesta, se aplicó un pilotaje del guion de laboratorio correspondiente a la síntesis del polímero durante tres sesiones a la población de estudio mencionada, y por tanto se desarrolló una rúbrica de evaluación.

Para la aplicación de pilotaje se eligió el guion de laboratorio correspondiente a la síntesis química de polidopamina que se muestra en el anexo 4, y se dispuso de tres sesiones las cuales se dividieron de la siguiente manera:

Sesión 1: Planteamiento del problema y planificación.

Sesión 2: Realización de la experiencia en laboratorio y tratamiento de datos

Sesión 3: Evaluación y comunicación de los resultados.

6.3.3. Etapa de análisis y evaluación:

En esta fase se procede a la interpretación de los datos obtenidos en la parte experimental con respecto a la síntesis, la incidencia del pH y el tipo de oxidante y su caracterización electroquímica.

En cuanto a los TPL se analiza los alcances de la propuesta en el aprendizaje de contenidos procedimentales a través del pilotaje por medio de la rúbrica de evaluación para este fin, y se proponen cambios o mejoras a los guiones planteados de acuerdo con los resultados.

Por tanto, los guiones de laboratorio responden al estudio de la síntesis de la polidopamina, ya que fue fundamental establecer protocolos replicables tanto para la obtención como caracterización del polímero, debido a esto se procedió a

establecer los TPL siguiendo la propuesta de Caamaño, ya que en su diseño se relaciona el carácter investigativo para el desarrollo de los contenidos procedimentales.

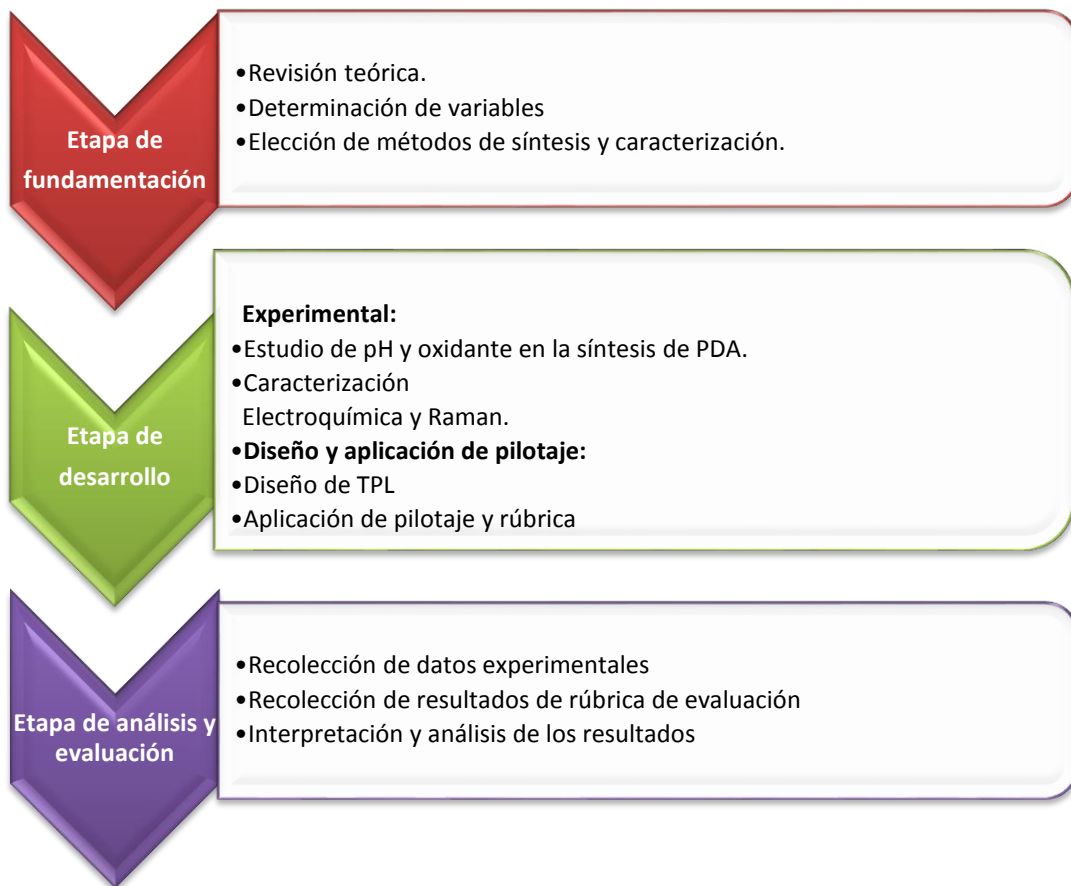


Ilustración 6. Etapas de la metodología y sus actividades. Fuente autores.

La ilustración 6 presenta un esquema general de la metodología utilizada para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Caracterización de películas depositadas en FTO

La caracterización se realizó a las películas de polímero depositado en los electrodos de FTO mediante las técnicas de voltamperometría cíclica, espectroscopia de impedancia y espectroscopia Raman.

A continuación, se presenta los gráficos 1 y 2, el primero muestra el voltamperograma y el segundo el espectro de impedancia en función del pH en la síntesis de polidopamina.

7.1.2. Voltamperometría cíclica, estudio de pH

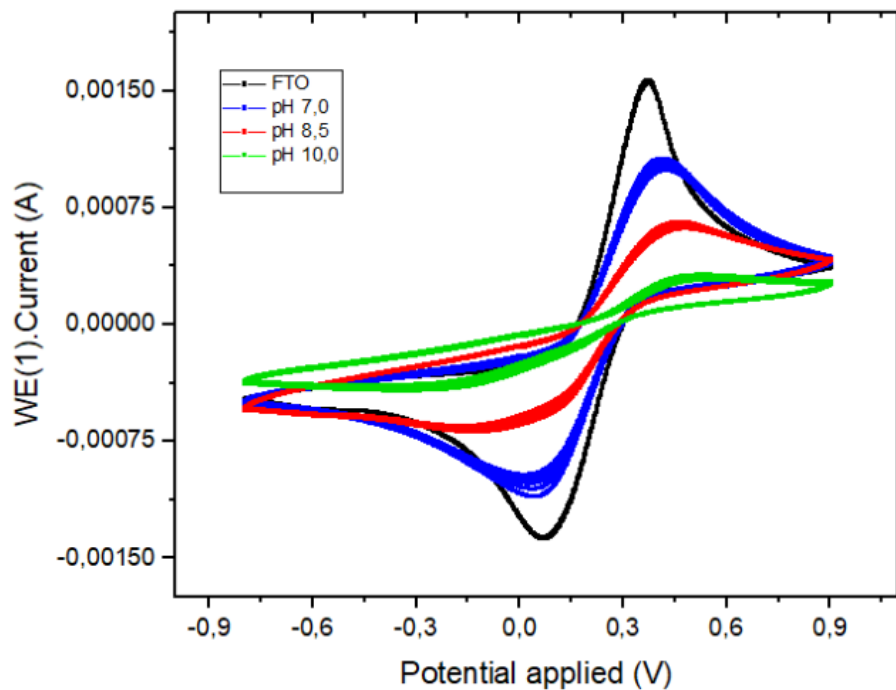


Gráfico 1. Voltamperograma estudio de pH.

7.1.2.1. Espectroscopia de impedancia

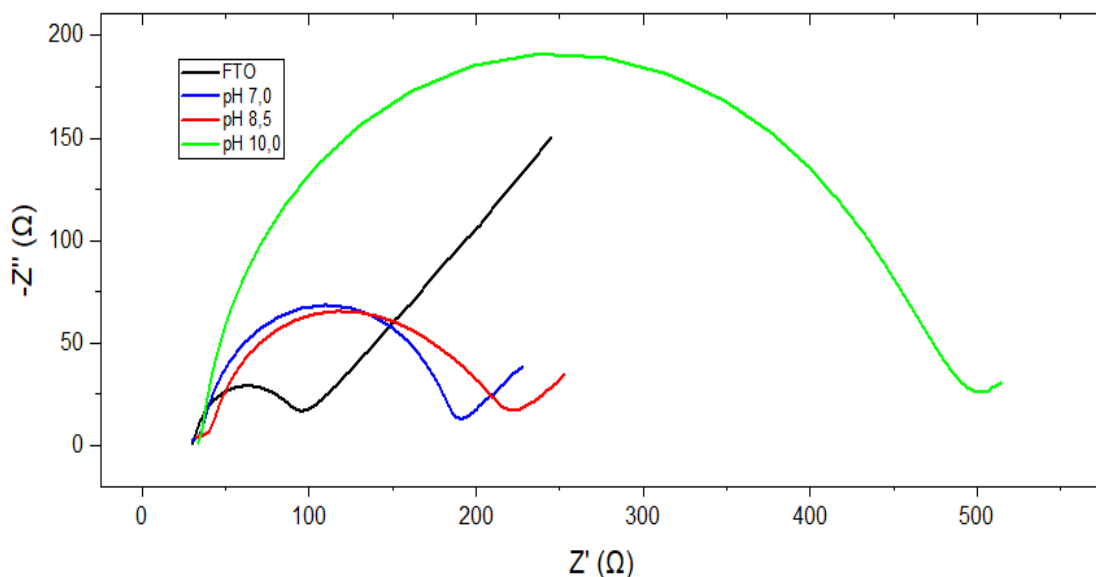


Gráfico 2. Espectro de impedancia estudio de pH.

En la prueba de voltamperometría cíclica que se muestra en el gráfico 1, realizada para cada uno de los recubrimientos de polidopamina, se presenta un voltamperograma que muestra la intensidad de corriente (A) en función del potencial aplicado (V). Se presenta a modo comparativo de acuerdo con el pH de síntesis del polímero y el electrodo FTO desnudo, se obtiene que a medida que aumenta el pH los picos de intensidad de corriente disminuyen, dicho comportamiento se debe a que en el mecanismo de oxidación de dopamina en dopamina-quinona al aumentar el potencial de hidrógeno, se consumen protones y el equilibrio se desplaza hacia el producto, es decir, se produce mayor masa de polímero (Ball, V., et., 2012), por lo tanto la cantidad de polidopamina depositada sobre el vidrio FTO afecta los picos de intensidad de corriente debido a que las películas de PDA se caracterizan por tener una baja conductividad eléctrica (Ball, V., 2017, p.09).

Teniendo en cuenta lo anterior se puede hacer una relación entre la disminución de los picos de intensidad de corriente y la cantidad de polímero depositado. Como se muestra en la tabla 4 el recubrimiento aumenta de manera proporcional con el pH, estos resultados son coherentes con los obtenidos en la VC.

Con el objetivo de realizar un estudio comparativo se hicieron medidas de EIS que se muestran en el grafico 2, encontrando una tendencia de aumento del domo de impedancia, es decir, aumenta la resistencia a la transferencia de carga con el cambio de pH estos resultados son consistentes con la VC y las fotografías de la tabla 4 en donde se observa una superficie más homogénea.

Estudios realizados por Ball et al, (2007) para determinar la cinética de la deposición de películas de dopamina en función del pH, muestran que el máximo espesor de los depósitos de PDA aumenta de pH 5 a pH 8,5 y se nivela después del pH 8,5, sin embargo, en este estudio más que el espesor se tuvo en cuenta la uniformidad del recubrimiento, en este caso el pH al cual se logró una superficie más homogénea fue la correspondiente a la síntesis con pH 10.

7.1.3. Caracterización de películas depositadas en FTO, estudio de Oxidante.

La caracterización se realizó a las películas de polímero depositado en los electrodos de FTO mediante las técnicas de voltamperometría cíclica, espectroscopia de impedancia y espectroscopia Raman.

A continuación, se presenta los gráficos 3 y 4, el primero muestra el voltamperograma y el segundo el espectro de impedancia en función del oxidante en la síntesis de polidopamina.

7.1.3.1. Voltamperometria cíclica

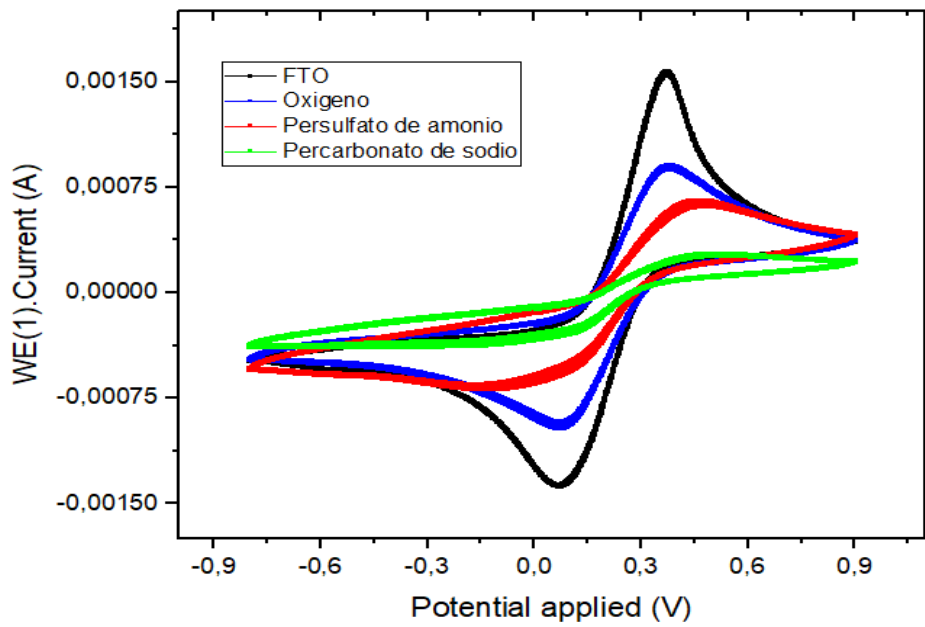


Gráfico 3. Voltamperograma estudio de oxidante.

7.1.3.2. Espectroscopia de impedancia

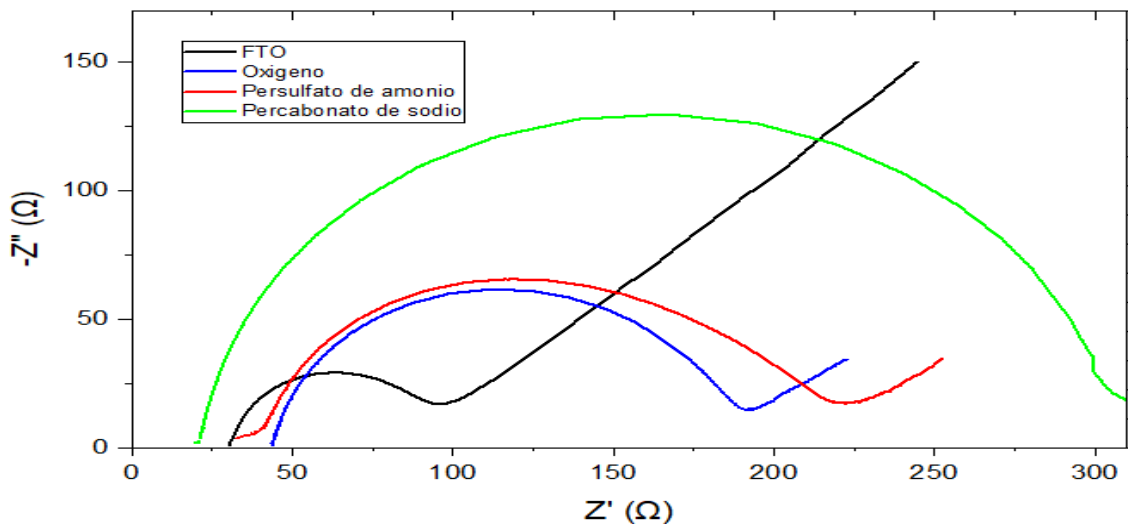


Gráfico 4. Espectro de impedancia estudio de oxidante.

La prueba de voltamperometría cíclica que se muestra en el grafico 3, fue realizada para cada uno de los recubrimientos de polidopamina, y se expone un voltamperograma que muestra la intensidad de corriente (A) en función del potencial aplicado (V). Se presenta a modo comparativo de acuerdo con el efecto del oxidante en la síntesis del polímero y el electrodo FTO desnudo.


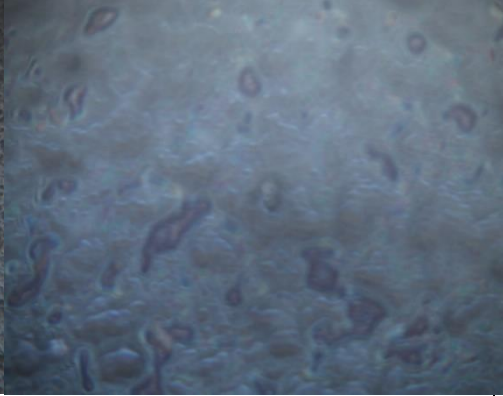
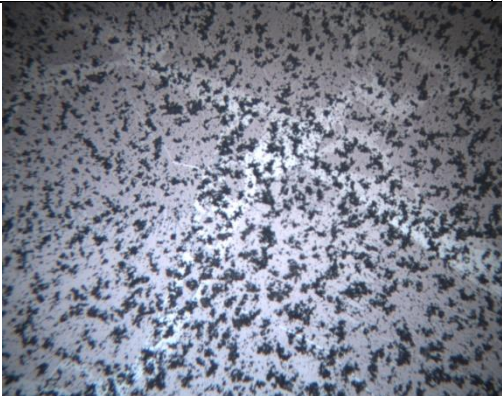

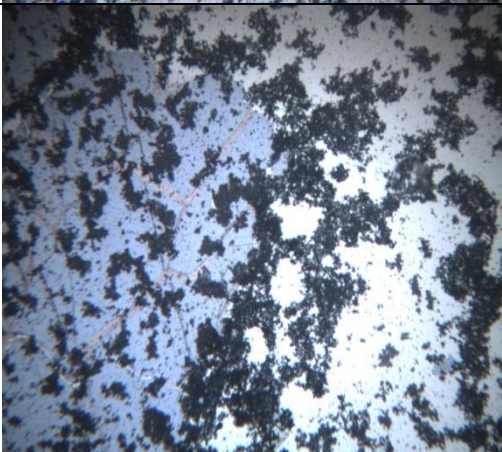
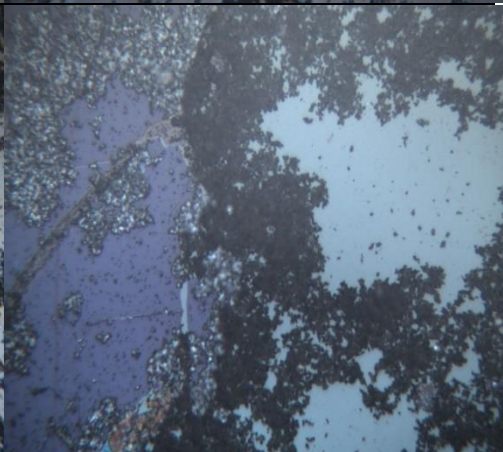
Teniendo en cuenta los resultados en la síntesis de polidopamina variando el pH, para realizar el estudio de la influencia del oxidante se eligió el pH de 8,5 para los ensayos, pues según Wei et al (2010) que realizó un estudio de síntesis en medios acuosos: ácido, neutro y básico, determino que a pH 8,5 se polimeriza la dopamina a PDA, sin necesidad de agregar un oxidante lo cual fue conveniente para el presente trabajo al realizar la síntesis usando el aire y de esta manera poder comparar con los otros oxidantes seleccionados.

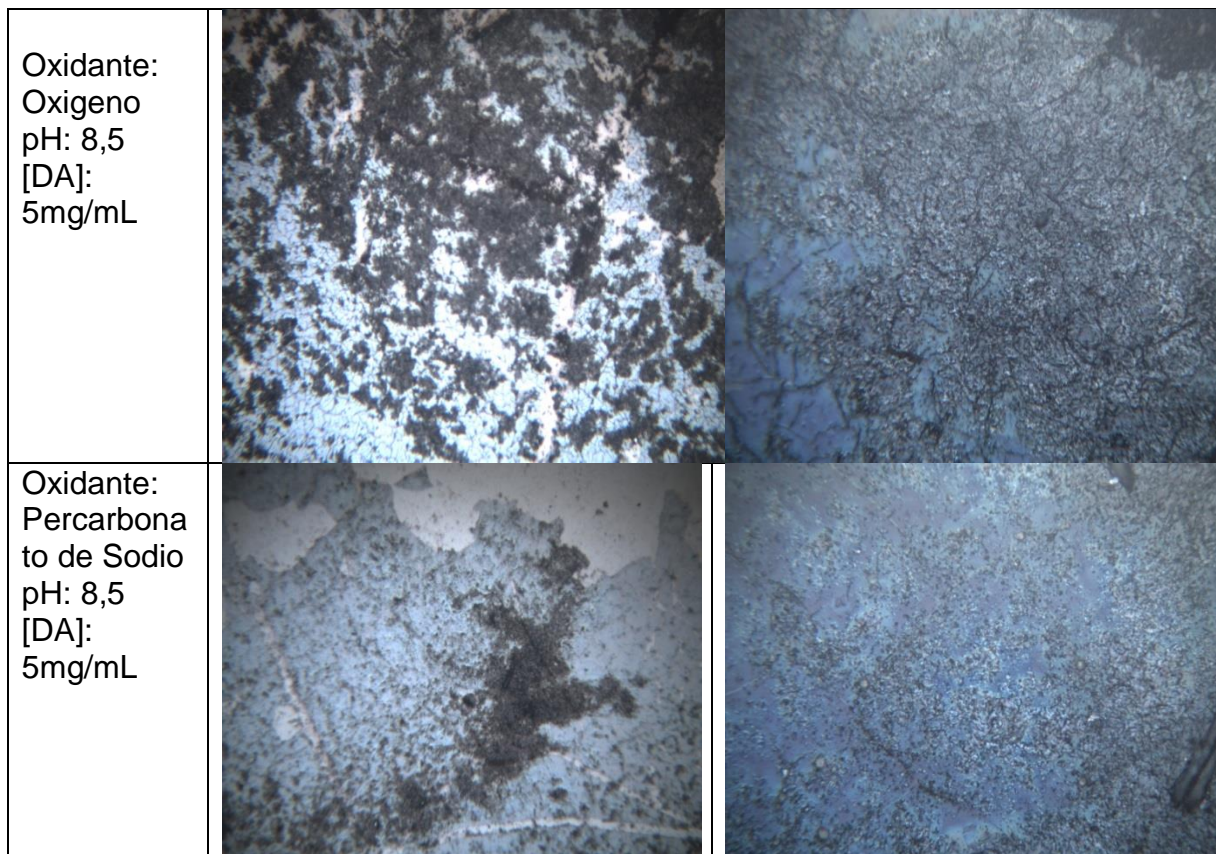
Como se observa en el grafico 3 los picos de intensidad de corriente están asociados al efecto del oxidante en la síntesis de polidopamina sobre la superficie del vidrio FTO, por lo tanto, se obtiene que el oxidante que produce la mayor variación en el electrodo es el percarbonato de sodio, seguido del persulfato de amonio y por último el oxígeno, esto se debe a la cantidad de película obtenida en cada caso (ver anexo 2). Estos resultados son importantes en esta investigación, ya que el percarbonato de sodio es un compuesto de adición de carbonato de sodio y peróxido de hidrógeno, que se descompone en oxígeno, agua y carbonato de sodio en medio acuoso, por lo cual se favorece el proceso de oxidación y según Yue-hua, et al (2011) es efectivo en un amplio rango de pH, la reacción de percarbonato de sodio con compuestos orgánicos produce dióxido de carbono, agua y una cantidad pequeña de carbonato de sodio, que está presente naturalmente en los suelos debido a esto no presenta mayor riesgo ambiental. (Yue-hua, Z., et al, 2011, p. 1669).

Con el objetivo de realizar un estudio comparativo se hicieron medidas de EIS que se muestran en el grafico 4, para los tres oxidantes, buscando contrastar el comportamiento resistivo de las superficies contra el electrodo desnudo, dado que la polidopamina tiene baja conductividad eléctrica, al depositarse sobre una superficie afecta la resistencia al paso de corriente, por tanto en los EIS se esperaba un incremento en los valores de impedancia correspondientes a la transferencia de carga, como se muestra en el grafico 4, por tanto el aumento en los domos característicos de esta zona pueden relacionarse con la cantidad de polímero en los electrodos de FTO, encontrándose nuevamente que el percarbonato de sodio es el que produce mayor variación en el electrodo de FTO.

7.1.4. Caracterización de polidopamina RAMAN

Tabla 4. Fotografías de las superficies.

ESPECTROSCOPIA RAMAN		
Objetivo	10 X	50 X
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 7,0 [DA]: 5mg/mL		
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 8,5 [DA]: 5mg/mL		
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 10 [DA]: 5mg/mL		

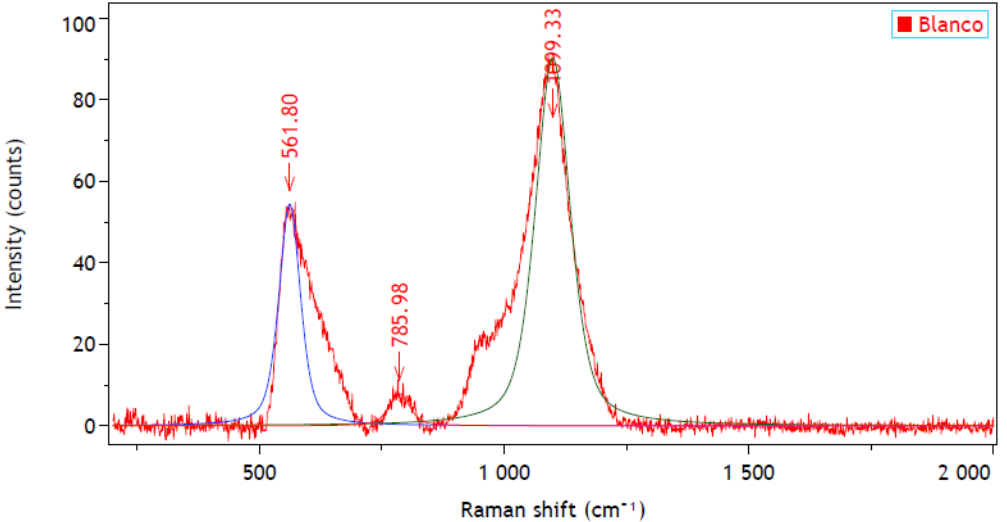
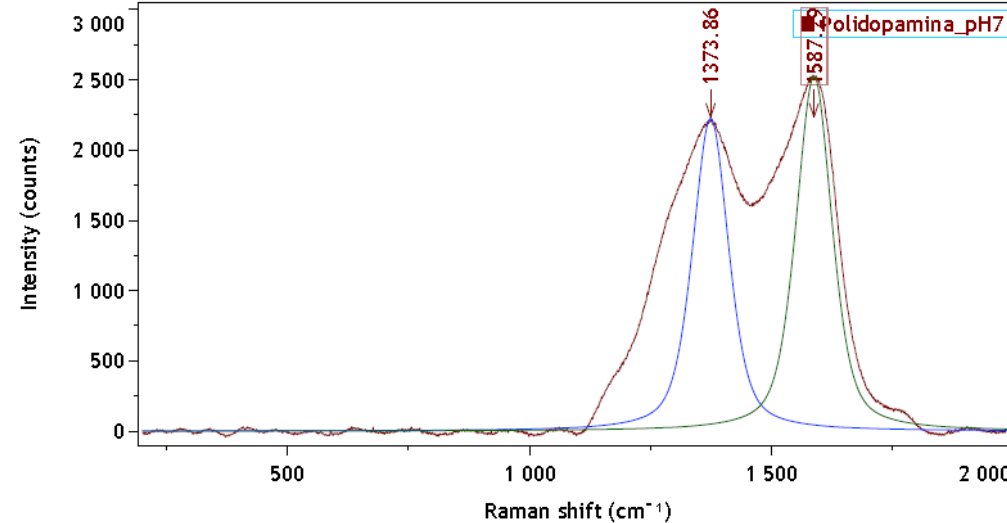


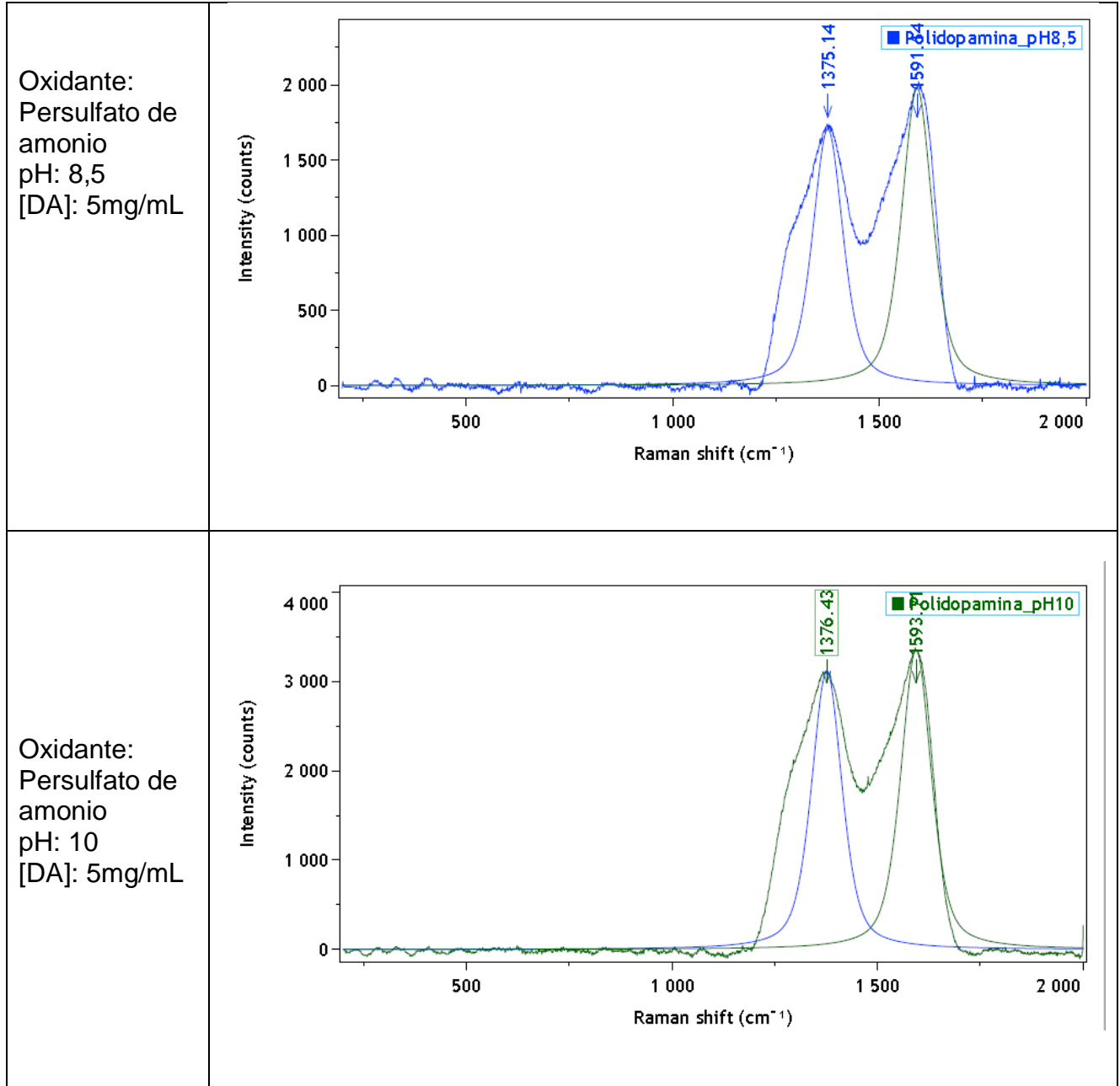
Espectros RAMAN

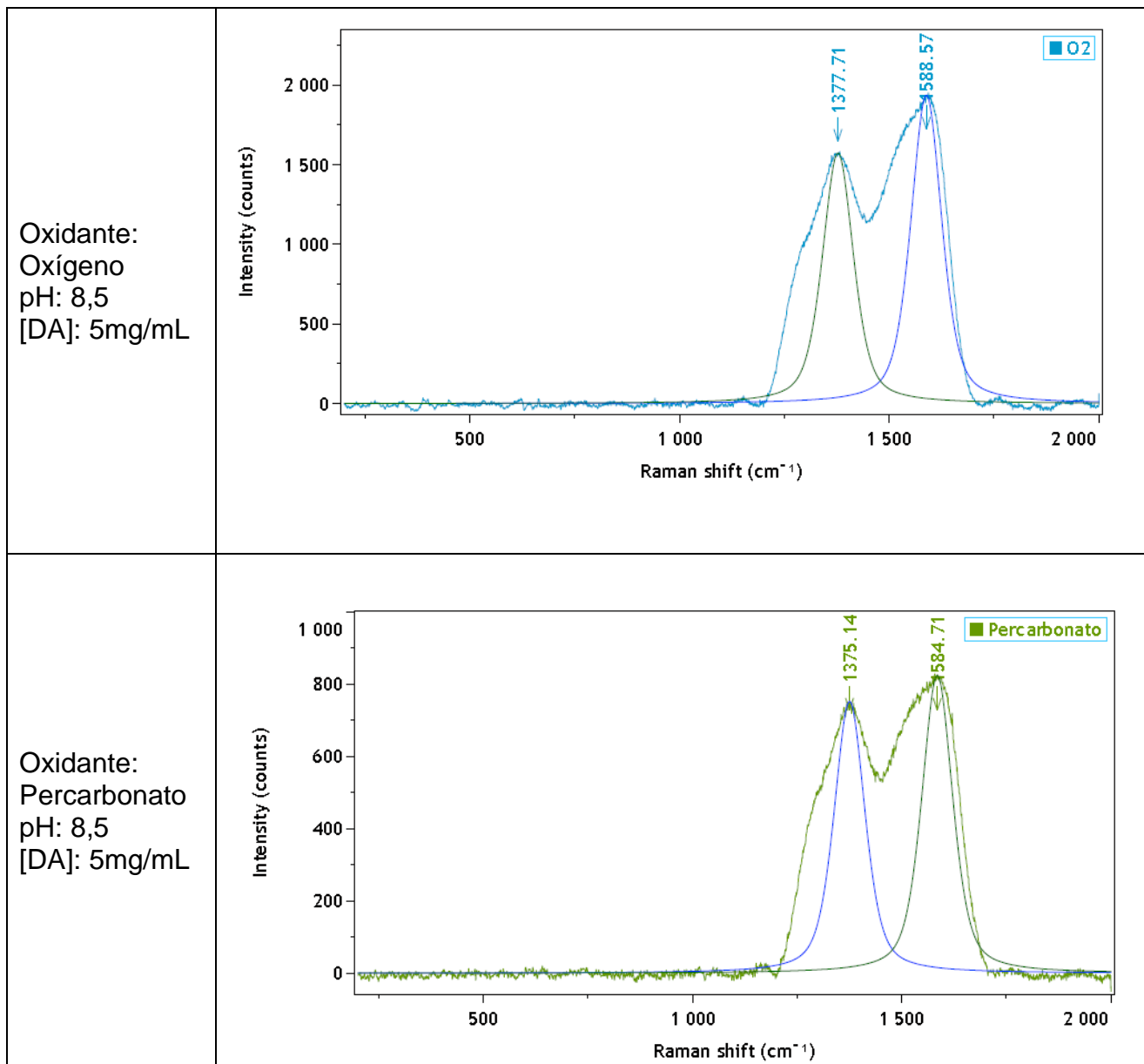
Tabla 5. Parámetros de medición espectros RAMAN.

Date		Acq. Time (s)	15	Accumulations	15	Laser	232
Spectro (cm⁻¹)		Hole	100	Slit	100	Grating	1800
Filter	100%	Objective	X50 NIR	ICS corection	off	Range (cm⁻¹)	

Tabla 6. Caracterización RAMAN estudio de pH y oxidante.

Experimentos	Espectro
<p>Blanco: Vidrio FTO</p>	
<p>Oxidante: Persulfato de amonio pH: 7,0 [DA]: 5mg/mL</p>	





Se realizó espectroscopia RAMAN a cada uno de los electrodos caracterizados por métodos electroquímicos y se obtuvo los espectros señalados en la tabla 6 y las fotografías de cada superficie con dos objetivos ópticos (10X y 50 X) presentados en la tabla 4, con el fin de conocer la presencia de algunos grupos

superficiales y la homogeneidad por cantidad de polímero alcanzada, además se hizo un estudio del electrodo de FTO desnudo para comparar los resultados y se observa que a medida que aumenta el pH de síntesis, la deposición de película en el electrodo es más homogénea.

De acuerdo con lo anterior se determinó que el aumento de pH y el cambio de oxidante químico intervienen en la cantidad de polímero obtenido como se explicó previamente, al contrastar con los espectros RAMAN se evidencian dos picos de intensidad de radiación dispersa en función de la radiación incidente en 1370 y 1580 cm^{-1} que según Martin, M. et al, (2015) la polidopamina presenta estas dos bandas características atribuidas a la extensión del catecol y el otro a la deformación del catecol respectivamente, además de ello estas bandas proceden de la vibración de anillos aromáticos y alifáticos C-C para 1370 cm^{-1} y el estiramiento de enlaces C-O para 1570 cm^{-1} .(Ma, J. et al, 2015, p.3).

Evaluado el efecto del pH y el agente oxidante en la síntesis de polidopamina y determinados los métodos de caracterización para estudiar el recubrimiento, el componente conceptual de la propuesta de TPL es el siguiente: el concepto de polímero, efecto de variables en la síntesis de polidopamina, técnicas de caracterización, espectroscopia de impedancia, voltamperometría cíclica y espectroscopia Raman, dada la complejidad del componente conceptual seleccionado, este guion se puede aplicar en estudiantes de nivel universitario.

Además de lo anterior los contenidos con los cuales se estructuraron los TPL son A.1; A.3; A.4; A.9; A.10; B.1 y C.2.

7.2. Trabajos prácticos de laboratorio

Los trabajos prácticos se diseñaron tomando como referencia la estructura de Caamaño, la cual consiste en cinco fases. La adaptación que se hizo reduce los guiones de laboratorio a cuatro fases, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Guion de TPL. Tomado y adaptado de Caamaño, A., (2007).

Planteamiento del problema:

Se realizó una descripción del problema, haciendo una síntesis del panorama investigativo en cuanto a la temática, por último, se plantea una pregunta problema con el propósito de dirigir la investigación.

Planificación:

En este apartado se harán cuestionamientos acerca del problema, estas deben ir dirigidas a encaminar el proceso de investigación, contribuir a la identificación de variables, condiciones y parámetros.

Diseño experimental del método:

En este apartado se harán cuestionamientos y sugerencias acerca de los procedimientos a realizar para obtener información acerca del problema, se trabaja de manera descriptiva o en diagrama de flujo.

Material de apoyo:

Material necesario para que el estudiante pueda consultar y poder deducir sus procedimientos.

Realización:

En este apartado se retoma lo elaborado en la planificación, se suministra información concreta y recomendaciones de los procedimientos que van a llevar a cabo, se proponen cambios si es necesario en los procedimientos para obtener la mejor información posible

Tratamiento de los datos:

Reportar en tablas las observaciones y resultados.

Evaluación y comunicación de los resultados:

Socializar los resultados con una presentación oral por grupo.

El pilotaje del TPL se aplicó una rúbrica tipo Likert a los 19 estudiantes del grupo de fisicoquímica II, la cual pretendía analizar los alcances de la propuesta en cuanto a los siete contenidos procedimentales escogidos para ser trabajados bajo el guion de trabajo práctico propuesto por Caamaño, A., (2007) y adaptado por los autores del presente estudio, los resultados se presentan en los gráficos siguientes.

Los resultados obtenidos se representaron en función de los puntajes en una escala de apreciación, siendo:

- Muy bien (MB)- 4 puntos
- Bien (B)-3 puntos
- Regular (R)- 2 puntos
- Necesita mejorar (NM)-1 punto

Por tanto, los gráficos se expresaron tomando como referencia esta puntuación, multiplicando el puntaje asignado a cada apreciación por la frecuencia de respuesta de cada estudiante para cada indicador del contenido procedimental (Ver anexo 3).

Resultados rúbrica de evaluación de pilotaje.

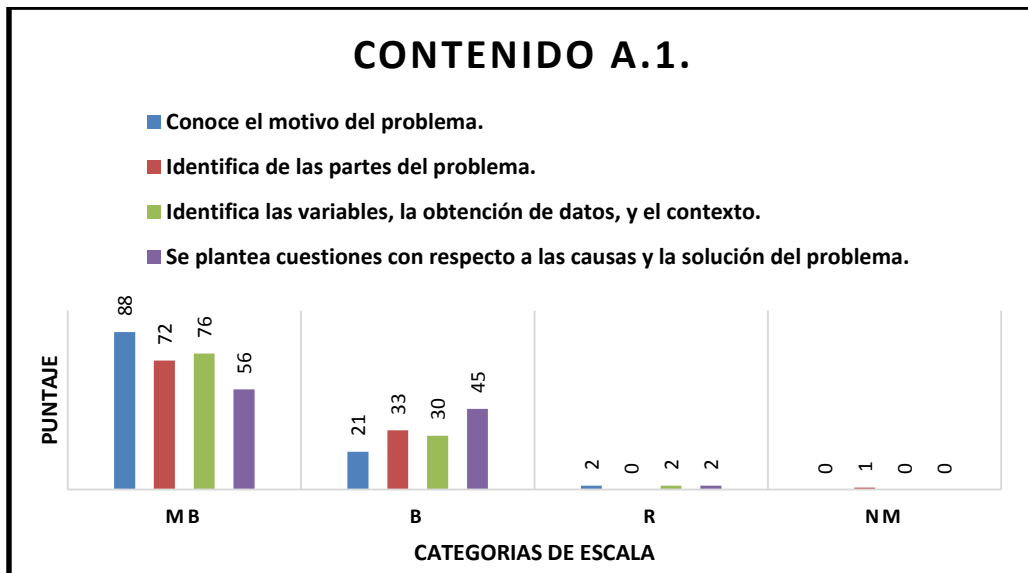


Gráfico 5. Contenido A.1. Identificación de problemas.

El primer contenido procedimental que se tuvo en cuenta en el diseño de la propuesta, está clasificado según De Pro Bueno, A., (1998) dentro de las habilidades de investigación, y a su vez tiene en cuenta cuatro indicadores: conocimiento del motivo del problema, identificación de variables, identificación de la partes del problema y planteamiento de cuestiones, los cuales se esperan desarrollar en el guion de TPL, en la fase de percepción e identificación del problema que propone Caamaño, A. (2007).

De acuerdo con los resultados los estudiantes dieron una apreciación alta para los indicadores propuestos por los tanto en la estructura del guion de TPL están involucrados los indicadores que corresponden a la identificación del problema.

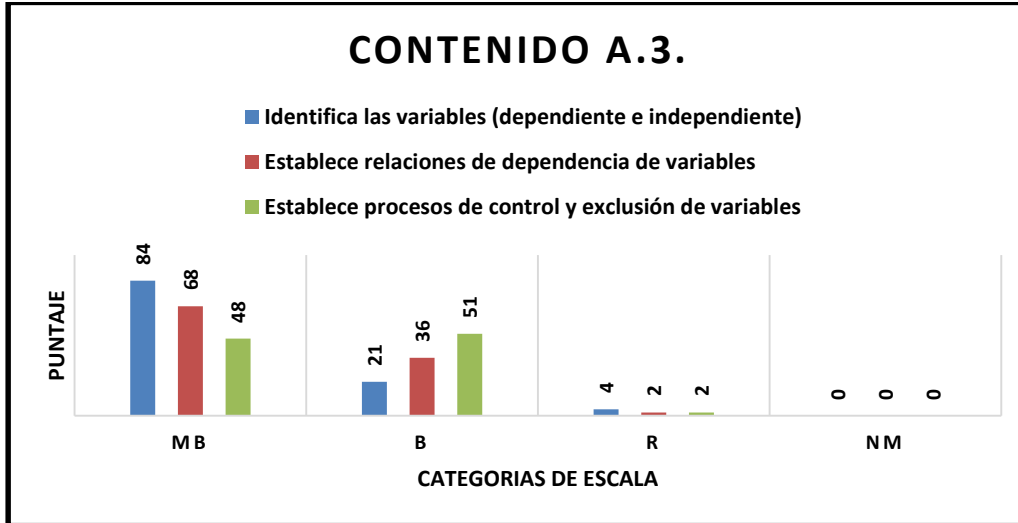


Gráfico 6. Contenido A.3. Relación entre variables.

En este contenido procedimental, se enmarcan habilidades de investigación y fue elegido debido al enfoque de TPL, se pretende desarrollar en la fase de planificación por medio de cuestiones guía y de acuerdo con ello se busca que los estudiantes identifiquen las variables a tener en cuenta, las relacionen y controlen de tal manera que desarrollen dicha habilidad.

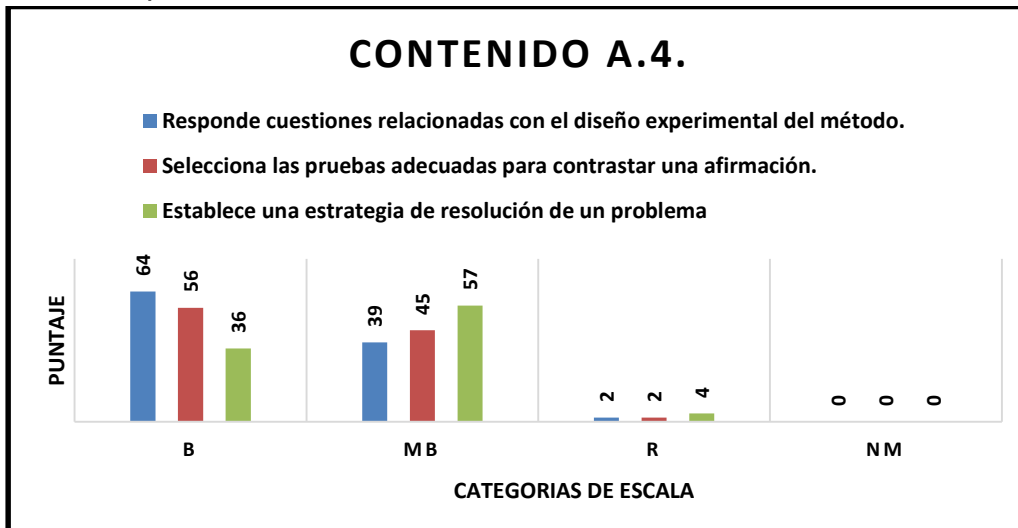


Gráfico 7. Contenido A.4. Diseños experimentales.

En cuanto al contenido A.4. Se pretende desarrollar en el estudiante habilidades procedimentales e investigativas en el diseño y selección de pruebas y métodos experimentales para dar solución a la problemática planteada, en el TPL se encuentra dentro de la fase de planificación.

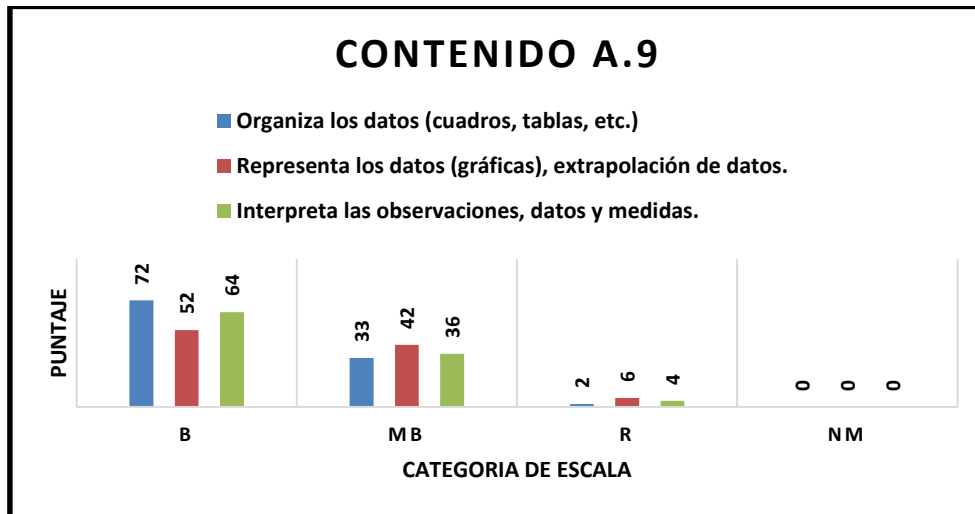


Gráfico 8. Contenido A.9. Transformación e interpretación de datos.

El guion de TPL contempla la fase de realización en la cual tiene lugar el montaje experimental, la ejecución de la experiencia, la toma de datos y la interpretación de dichos resultados, haciendo su respectiva organización y representación en cuadros, tablas y gráficas para ello es necesario que el estudiante desarrolle este contenido procedimental.

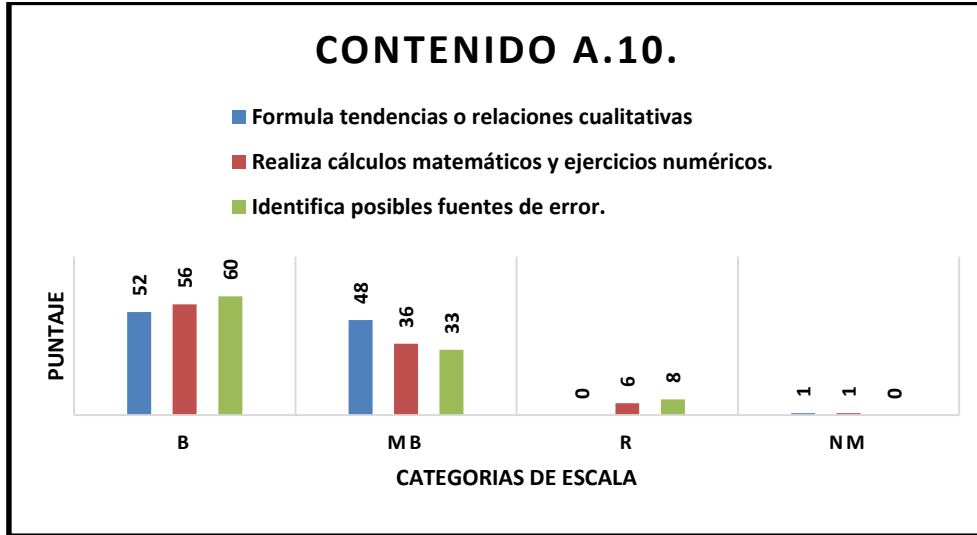


Gráfico 9. Contenido A.10. Análisis de datos.

Este contenido se refiere a la formulación de tendencias o relaciones cualitativas, la realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos y la identificación de posibles fuentes de error que tienen lugar en la fase de interpretación y evaluación del guion de TPL.

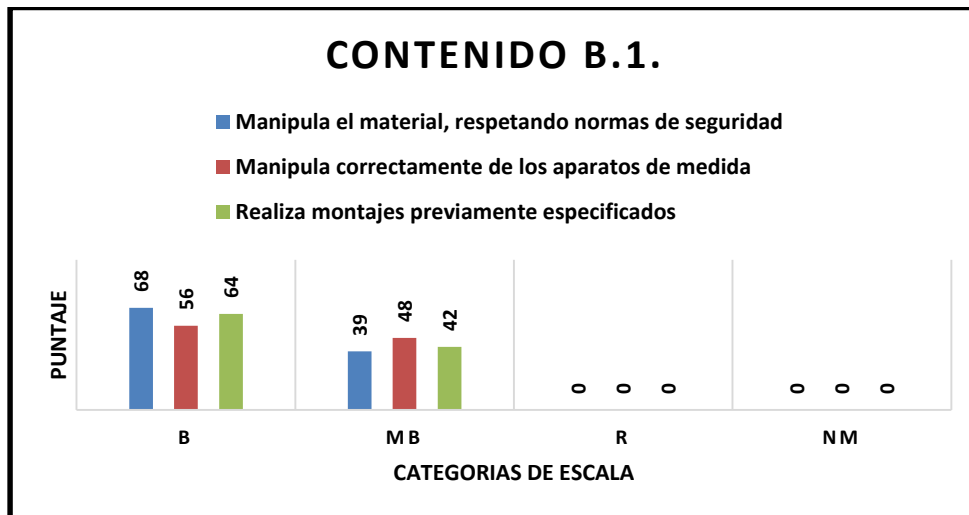


Gráfico 10. Contenido B.1. Manejo de material y realización de montajes.

Con respecto a este contenido, se encuentra clasificado dentro de las destrezas manuales y en el TPL se evidencia en la etapa de realización ya que se espera

que los estudiantes desarrollen habilidades procedimentales en cuanto a la manipulación correcta del material, respetando las normas de seguridad y haciendo un buen montaje.

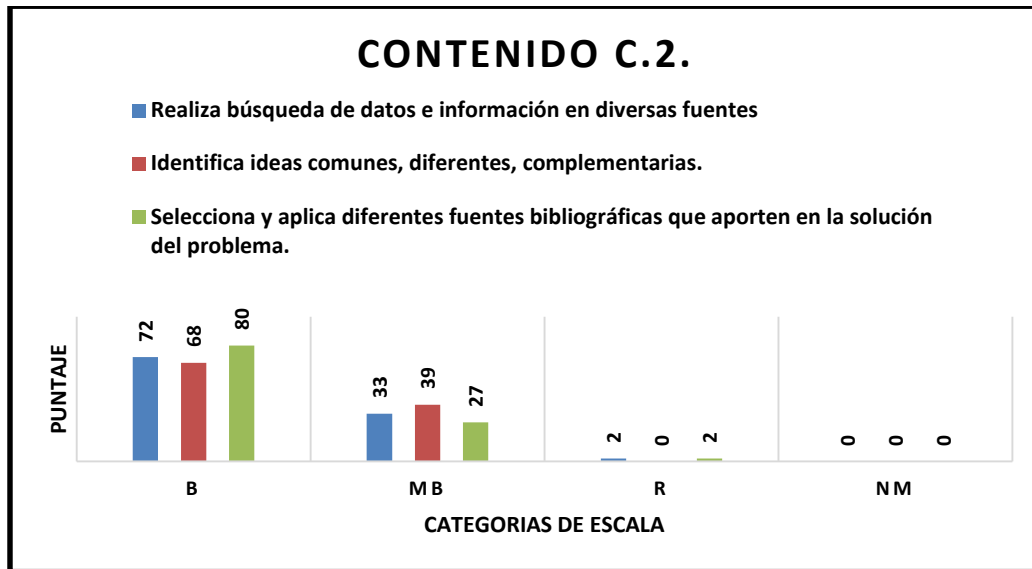


Gráfico 11. Contenido C.2. Utilización de diversas fuentes.

En etapa de evaluación y comunicación de los resultados se incluye la realización de un informe para poner en común lo obtenido y las conclusiones acerca de la problemática planteada, en este caso son necesarios los contenidos procedimentales de comunicación donde se encuentra el C.2. E implica la búsqueda y selección de información en diversas fuentes, la identificación de ideas comunes y complementarias.

De acuerdo con los resultados obtenidos con respecto a la rúbrica de evaluación de la propuesta de guiones de trabajo práctico de laboratorio, en términos generales los estudiantes presentaron altos puntajes de apreciación en cuanto a los contenidos procedimentales como se evidencia en los gráficos 5 a 11 presentado que dichos contenidos estaban presentes en la estructura planteada de los guiones con una escala en el rango de muy bien y bien, esto demuestra la pertinencia de la propuesta como estrategia para el desarrollo de dichas habilidades en el aula y en el laboratorio. Teniendo en cuenta la clasificación de TPL según Caamaño (1992,2003) y Perales (1994), tomado de López y Tamayo (2012) los guiones de TPL propuestos en este estudio se clasifican de acuerdo a su carácter metodológico en prácticas abiertas, ya que se plantea al estudiante un

problema que lo debe conducir a la experimentación para solucionarlo y en ese camino son necesarios el desarrollo de conocimientos y habilidades, esta es una alternativa a los trabajos experimentales de tipo cerrado o receta que únicamente exigen al estudiante seguir una serie de pasos sin tener un contexto y muchas veces según Sére, M. (2002), son realizados para verificar o contrastar teorías y leyes con resultados ya conocidos.

Además de lo anterior en la marcha del pilotaje se hizo una observación en las tres sesiones destinadas a este y se evidenció el interés y la motivación que presentaban los estudiantes ante la problemática planteada con respecto a la síntesis del polímero, esto de acuerdo con Caamaño, A. (2007) es una de las ventajas de este tipo de guiones de TPL y por lo tanto permiten un acercamiento al conocimiento experimental de muchos fenómenos permitiendo una aproximación a la metodología y procedimientos del quehacer científico, además los estudiantes lograron hacer correlaciones y mostraron elementos de contenidos en cada una de las sesiones de la siguiente manera:

Sesión 1: identificación de problemas, relación entre variables

Sesión 2: realización de diseños experimentales, interpretación y análisis de datos. Manejo de material y realización de montajes.

Sesión 3: utilización de diversas fuentes.

Teniendo en cuenta la metodología utilizada para la estructuración del compendio de guiones y de acuerdo con la observación de la fase de evaluación y comunicación del guion de TPL además de los resultados de la rúbrica con respecto a los contenidos (Gráficas 5 a 11) que demuestran un alto puntaje de apreciación en los indicadores de las habilidades procedimentales involucradas en el proceso de solución a la problemática planteada, se evidencia que los estudiantes encuentran la propuesta incorpora en su estructura las habilidades de investigación, destrezas manuales y de comunicación que contempla De Pro Bueno como contenidos procedimentales.

Considerando los resultados de este trabajo de grado, desde el punto de vista metodológico y conceptual la propuesta de TPL planteada, involucra los siete contenidos procedimentales inicialmente propuestos de acuerdo con la apreciación de los estudiantes y por tanto es reproducible, sin embargo, en los anexos 4, 5 y 6 presentamos el compendio de TPL estructurado, con recomendaciones para su posterior implementación.

8. CONCLUSIONES

El estudio del efecto del pH y el agente oxidante permitió determinar el efecto de dichas variables en la síntesis de polidopamina y de esta manera elegir las condiciones más favorables para optimizar el proceso. De acuerdo con los resultados experimentales se sugiere que el pH óptimo de síntesis con persulfato de amonio se encuentra a pH 10 porque como se observa en la EIS aumenta la resistencia a la transferencia de carga con el cambio de pH, estos resultados son consistentes con la VC pues a medida que aumenta el pH los picos de intensidad de corriente disminuyen, en cuanto al estudio de oxidante a pH 8,5 se evaluó que la presencia de un oxidante inducido contribuye a la formación de polímero, siendo el percarbonato de sodio el que brindó mayor recubrimiento como se muestra en el gráfico 3 los picos de intensidad de corriente están asociados al efecto del oxidante en la síntesis de polidopamina sobre la superficie del vidrio FTO, en los EIS se esperaba un incremento en los valores de impedancia correspondientes a la transferencia de carga, como se muestra en el gráfico 4. De esta manera se logró definir el componente conceptual de la propuesta de TPL resultando tres guiones correspondientes a la síntesis y caracterización de polidopamina.

La estructuración metodológica de la propuesta TPL, teniendo en cuenta el guion planteado por Caamaño permitió evidenciar que es posible evaluar los siete contenidos procedimentales seleccionados en una población determinada, estos datos se soportan en los resultados obtenidos en el pilotaje la apreciación de los estudiantes es alta y los indicadores de cada contenido están presentes en la estructura del guion, a nivel del componente conceptual es un tema de interés y permitió evidenciar la motivación por parte de los estudiantes. De acuerdo con estos resultados se mantuvo la estructura, sin embargo, es importante que en la implementación de las guías el docente haga las adecuaciones pertinentes según la disponibilidad de recursos en la prueba.

Además con los resultados de la prueba piloto se obtuvo que la apreciación por parte de los estudiantes es alta dado que los contenidos procedimentales hacen parte de la estructura de los TPL, teniendo en cuenta los resultados presentados en los gráficos 5 a 9 correspondientes a las habilidades de investigación con puntajes por encima de 50 para muy bien para los indicadores de cada contenido, y la gráfica 10 y 11 que corresponden a las destrezas manuales y las habilidades de comunicación respectivamente con puntajes mayores a 55 en la categoría de muy bien.

9. RECOMENDACIONES

- Para la realización de posteriores estudios de la influencia de variables de pH y tipo de oxidante en la síntesis de polidopamina, se sugiere ampliar los ensayos en el estudio oxidante, por ejemplo con el percarbonato variando el pH de síntesis para este y observando el comportamiento.
- Para la implementación de la propuesta de trabajos prácticos de laboratorio se recomienda seguir los tiempos de ejecución por guía como se encuentran planteados para propiciar el desarrollo de los contenidos procedimentales.
- El guion utilizado para estructurar la presente propuesta, puede ser utilizado modificando el componente conceptual y por tanto es posible aplicarlo en distintos niveles de escolaridad.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allende, B. (2012). Modificación de superficies con polidopamina. (Tesis de Maestría). Universidad de Oviedo. España. Recuperado de http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/4162/1/TFM_Beatriz%20Allende%20S%C3%A1nchez.pdf.

Ball, V., Del Frari, D., Toniazzo, V. y Ruch, D. (2012). Kinetics of polydopamine film deposition as a function of pH and dopamine concentration: Insights in the polydopamine deposition mechanism. *Journal of Colloid and Interface Science*, 366–372.

Ball, V., Del Frari, D., Michel, M., Buehler, M., Toniazzo, V., Singh, M., Gracio, J. y Ruch, D. (2011). Deposition Mechanism and Properties of Thin Polydopamine Films for High Added Value Applications in Surface Science at the Nanoscale. *BioNanoSci*, 2:16–34.

Ball, V. (2017). Composite Materials and Films Based on Melanins, Polydopamine, and Other Catecholamine-Based Materials. *Biomimetics*, 2(3), 12.

Carrasco, J., (2012). Recubrimiento de acero con polidopamina. (Tesis de maestría). Universidad de Oviedo. España.

Caamaño, A. 2007. Los trabajos prácticos en ciencias. En Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.) (2007) *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Grao.

Dreyer, D., Miller, D., Freeman, B., Paul, D. y Bielawski, W. (2013). Perspectives on poly(dopamine). *Chemical Science*, 4, 3796–3802.

Durango, A. (2015). Las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Hernández A, y Crespo G., (1998). Contenidos procedimentales en la ESO: análisis del procedimiento de comunicación en un curso de tecnología. *Didáctica de las Ciencias*, XVIII Encuentros de la Didáctica del Cs. Experimentales. La Coruña. PP. 575-587.

Insausti, M. J. y Merino M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações em Ensino de Ciências – V5(2)*, pp. 93-119. Recuperado de http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID60/v5_n2_a2000.pdf.

Liu, Y., Ai, K. y Lu, L. (2014). Polydopamine and Its Derivative Materials: Synthesis and Promising Applications in Energy, Environmental, and Biomedical Fields. ACS publications. *Chem. Rev.* 2014, 114, 5057–5115

López, R., y Tamayo, O., (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, vol. 8, núm. 1, enero-junio, 2012, pp.145-166. Universidad de Caldas Manizales, Colombia.

Ma, J., Yang, H., Li, S., Ren, R., Li, J., Zhang, X. y Ma, J. (2015). Well-dispersive graphene-polydopamine-Pd hybrid with enhanced catalytic performance. *RSC Advances*, 00, 1-3.

Martin, M., Salazar, P., Campuzano, S., Villalonga, J. y Gonzalez, J. (2013). Amperometric magnetobiosensors using poly(dopamine)-modified Fe₃O₄ magnetic nanoparticles for the detection of phenolic compounds. *Analytical Methods*, 2013, 00, 1-3 .

Montino, M, Petrucci, D., Ure, J., Alemán A. y Pérez S. (2011). Una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio que favorece el aprendizaje de conceptos. *Ciência & educação (bauru)*, vol. 17, núm. 4, pp. 823-833. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251021295004>.

Morales, P. y Landa, M. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, Vol. 13, pp. 145-157.

Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las ciencias*, 1998, 16 (I), 21-41. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/83200/108183>.

Séré, M. G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? Enseñanza de las ciencias, 20 (3), pp 357-368. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21824/21658>.

Singh, G. y Rakesh, M. (2015). Espectroscopia Raman - Principio básico, instrumentación y aplicaciones seleccionadas para la caracterización de drogas de abuso

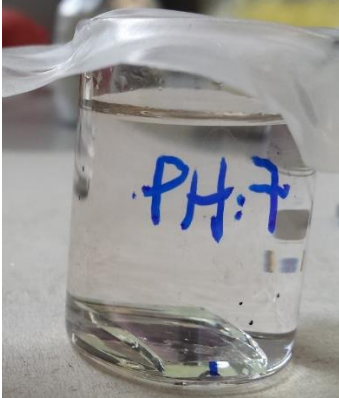
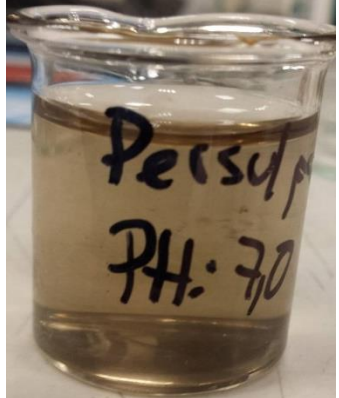

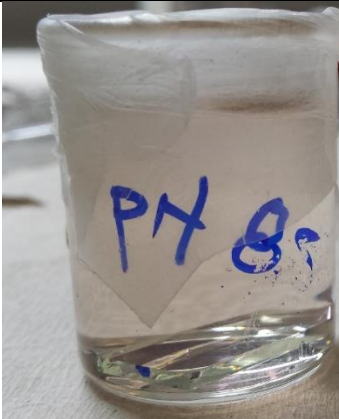
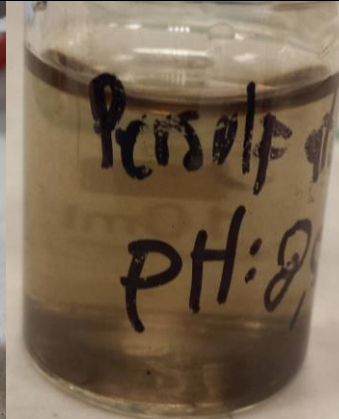

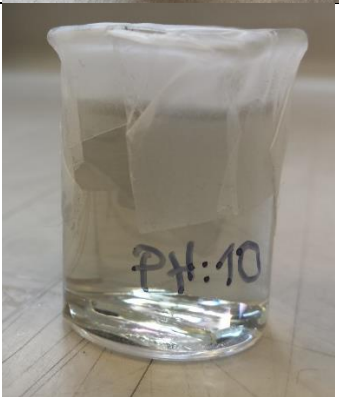
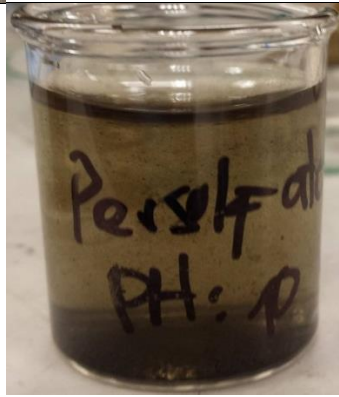

Suarez, M., (2011). Electroquímica Física e interfacial: Una aproximación teórica. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

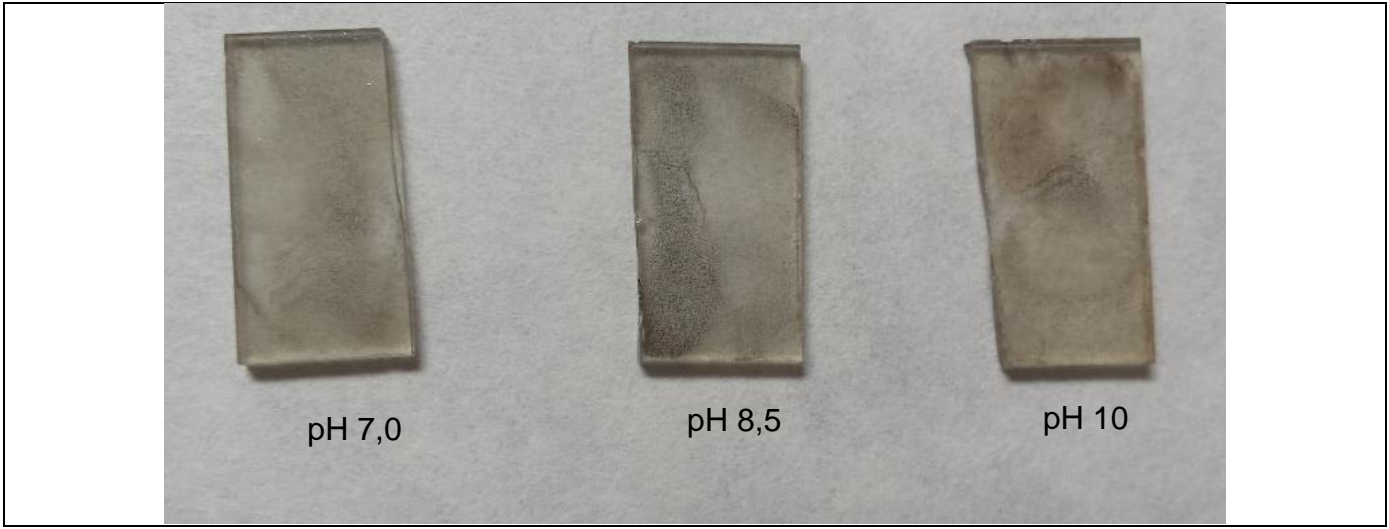
Tutorial espectroscopia Raman. Revisado a través de internet: http://www.kosi.com/na_en/products/raman-spectroscopy/raman-technical-resources/raman-tutorial.php

Wei, Q., Zhang, F., Li, J., Li, B. y Zhao, C. (2010). Oxidant-induced dopamine polymerization for multifunctional coatings. Polymer Chemistry, 1, 1430–1433.

Yue-hua, Z., Chun-Mei, X. y Chang-Hong, G. (2011). Application Sodium Percarbonate to Oxidative Degradation Trichloroethylene Contamination in Groundwater. https://ac.els-cdn.com/S1878029611004579/1-s2.0-S1878029611004579-main.pdf?_tid=3c2781cc-fc77-11e7-81ee-00000aacb360&acdnat=1516297650_52faa5fdd2b6ef8d5660c520ede32300

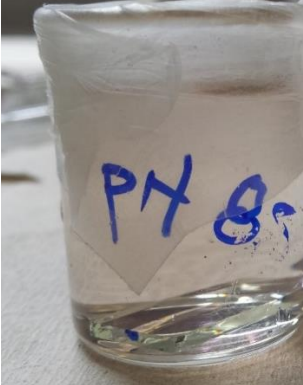
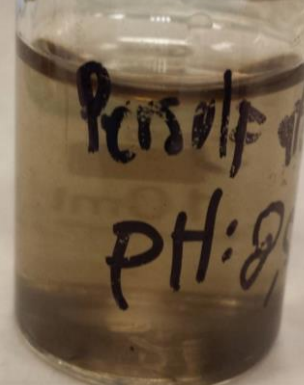

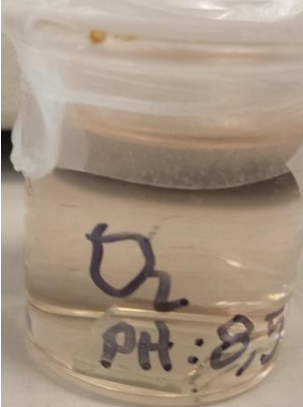
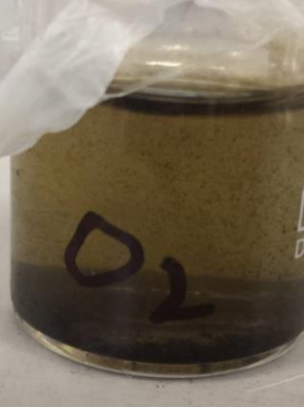

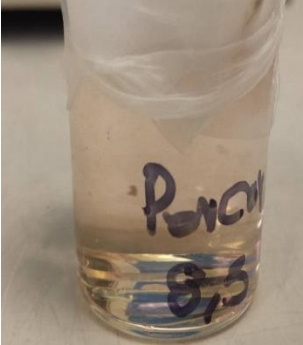
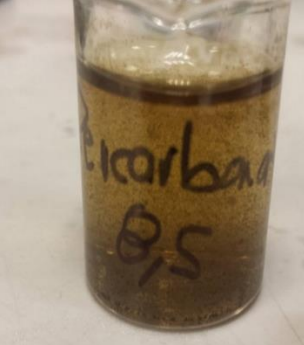
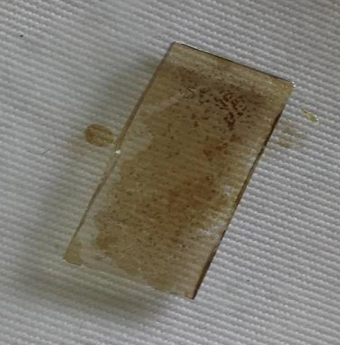
ANEXO 1
Estudio de pH

Condiciones	Tiempo: 0 h	Tiempo: 24 h	Recubrimiento en FTO
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 7,0 [DA]: 5mg/mL	 <p>A clear glass beaker containing a clear liquid. A white paper filter is placed over the top. Handwritten in blue ink on the beaker is "PH: 7".</p>	 <p>A glass beaker containing a light brown, slightly turbid liquid. Handwritten in black ink on the beaker is "Persulfato" and "PH: 7,0".</p>	 <p>A rectangular, translucent, light brown film coating a substrate, showing a slightly uneven texture.</p>
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 8,5 [DA]: 5mg/mL	 <p>A clear glass beaker containing a clear liquid. A white paper filter is placed over the top. Handwritten in blue ink on the beaker is "PH 8,5".</p>	 <p>A glass beaker containing a light brown, turbid liquid. Handwritten in black ink on the beaker is "Persulfato" and "PH: 8,5".</p>	 <p>A rectangular, translucent, light brown film coating a substrate, appearing slightly more uniform than the pH 7 sample.</p>
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 10 [DA]: 5mg/mL	 <p>A clear glass beaker containing a clear liquid. A white paper filter is placed over the top. Handwritten in black ink on the beaker is "PH: 10".</p>	 <p>A glass beaker containing a dark brown, turbid liquid. Handwritten in black ink on the beaker is "Persulfato" and "PH: 10".</p>	 <p>A rectangular, translucent, dark brown film coating a substrate, showing a more granular or uneven texture.</p>



ANEXO 2

Estudio de Oxidante

Condiciones	Tiempo: 0 h	Tiempo: 24 h	Recubrimiento en FTO
Oxidante: Persulfato de amonio pH: 8,5 [DA]: 5mg/mL			
Oxidante: Oxigeno pH: 8,5 [DA]: 5mg/mL			
Oxidante: Percarbonato de sodio pH: 8,5 [DA]: 5mg/mL			

ANEXO 3
Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Departamento de química
Rúbrica de evaluación trabajo práctico de laboratorio

La presente rubrica de evaluación pretende analizar los alcances de la propuesta de trabajos prácticos de laboratorio en el desarrollo de contenidos procedimentales en el aula.

A continuación, encontrará una serie de afirmaciones, relacionadas con cada contenido procedimental, por favor marque con una X de acuerdo con su apreciación, según lo trabajado en el guion de TPL de síntesis de polidopamina.

Contenido procedimental	Escala			
	MB	B	R	NM
A.1. Identificación de problemas.				
Conoce el motivo del problema.				
Identifica de las partes del problema.				
Identifica las variables, la obtención de datos, y el contexto.				
Se plantea cuestiones con respecto a las causas y la solución del problema.				
A.3.Relaciones entre variables.				
Identifica las variables (dependiente e independiente)				
Establece relaciones de dependencia de variables				

Establece procesos de control y exclusión de variables				
A.4. Diseños experimentales.				
Responde cuestiones relacionadas con el diseño experimental del método.				
Selecciona las pruebas adecuadas para contrastar una afirmación.				
Establece una estrategia de resolución de un problema				
A.9. Transformación e interpretación de datos.				
Organiza los datos (cuadros, tablas, etc.)				
Representa los datos (gráficas), extrapolación de datos.				
Interpreta las observaciones, datos y medidas.				
A.10. Análisis de datos.				
Formula tendencias o relaciones cualitativas				
Realiza cálculos matemáticos y ejercicios numéricos.				
Identifica posibles fuentes de error.				
B.1. Manejo de material y realización de montajes.				
Manipula el material, respetando normas de seguridad				
Manipula correctamente de los aparatos de medida				
Realiza montajes previamente especificados				
C.2. Utilización de diversas fuentes.				

Realiza búsqueda de datos e información en diversas fuentes				
Identifica ideas comunes, diferentes, complementarias.				
Selecciona y aplica diferentes fuentes bibliográficas que aporten en la solución del problema.				

Categorías de escala:

Muy bien (MB)- 4 puntos

Bien (B)-3 puntos

Regular (R)- 2 puntos

Necesita mejorar (NM)-1 punto

Fuente: <http://www.udla.cl/portales/tp9e00af339c16/uploadImg/File/fichas/Ficha-12-escala-de-valoracion.pdf>

ANEXO 4

Guion de trabajo practico para la síntesis de polidopamina

Planteamiento del problema:

Materiales bioinspirados

En 2007, Messersmith (Doctor en Filosofía. Ciencia e Ingeniería de Materiales, Universidad de Illinois) y sus colaboradores intentaron simular las fuertes características de adherencia demostradas por el pie del gecko, un lagarto que puede escalar paredes verticales con facilidad, ellos elaboraron un híbrido biológicamente adhesivo que consistía en pilares de polímeros nano fabricados, que fueron recubiertos con una capa delgada de otro polímero con unidades de dopamina.

Se encontró que la adhesión del pilar de polímeros incrementó casi 15 veces después de ser recubierto con el polímero de dopamina, y el sistema podía mantener su fuerte adhesión incluso después de 1000 ciclos de contacto en ambientes secos como húmedos, estos autores señalaron que, además de los pilares poliméricos la dopamina podría auto polimerizarse y depositarse en superficies ya sea inorgánicas u orgánicas, Sólo con una simple inmersión del sustrato en una solución acuosa de dopamina a pH 8,5, podría conducir una deposición espontánea de una película de polidopamina.

Con la publicación de este artículo, la estrategia de recubrimiento ha atraído inmediatamente una atención mundial explosiva y abrió la posibilidad de utilizar la química de polímeros como una forma genérica de fabricar numerosos sustratos multifuncionales con propiedades específicas.

Teniendo en cuenta lo anterior ¿qué método se podría utilizar para sintetizar este polímero con dichas propiedades que tanto interés ha causado en la química de materiales bioinspirados?

Planificación:

A continuación, encontrarán una serie de cuestiones relevantes que se deben tener en cuenta para la síntesis de la polidopamina:

Fundamento del método:

¿Cómo estar seguro que el producto obtenido corresponde con el polímero estudiado y que métodos utilizarían para su comprobación?, ¿cómo interpretaría el mecanismo de polimerización de la dopamina?, ¿qué propiedades tiene el vidrio FTO?, según las propiedades de la polidopamina ¿qué tan viable es tener una deposición de este sobre un electrodo FTO? ¿Cómo asegurarse que la superficie de los electrodos de FTO esté limpia?

Diseño experimental del método:

¿Qué condiciones son necesarias para la polimerización?, ¿Cuáles variables intervienen y cómo influyen en la síntesis?, según las variables propuestas ¿cómo se deben controlar?

Diseñar un diagrama de flujo del procedimiento que llevarían a cabo para la síntesis, y especificar que materiales y reactivos utilizaran.

Discutir el procedimiento y el método diseñado antes de llevar a cabo el experimento.

Material de apoyo:

- Ball, V., Del Frari, D., Toniazzo, V. y Ruch, D. (2012). Kinetics of polydopamine film deposition as a function of pH and dopamine concentration: Insights in the polydopamine deposition mechanism. *Journal of Colloid and Interface Science*, 366–372.
- Wei, Q., Zhang, F., Li, J., Li, B. y Zhao, C. (2010). Oxidant-induced dopamine polymerization for multifunctional coatings. *Polymer Chemistry*, 1, 1430–1433.

Realización:

Realizar los cálculos necesarios para preparar las soluciones utilizadas en el experimento.

Ya que el persulfato de amonio es una sal acida como asegurarse de que el pH del buffer no se vea afectado.

Tener en cuenta:

- La dopamina en solución acuosa inicia su proceso de polimerizaron gracias al oxígeno disuelto en el agua por tanto es necesario tener presente esto para que el tiempo de polimerización no se vea afectado.
- Para el experimento donde el oxígeno se utiliza como oxidante, se debe burbujear la solución con aire.
- Sellar cada experimento para evitar la influencia de factores externos.
- Finalizado el tiempo de polimerización secar la superficie en la estufa durante 10 minutos a 90°C.
- El tiempo estimado de polimerización es de 24 horas.

Tratamiento de los datos:

Reportar en tablas las observaciones, resultados y el porcentaje de rendimiento.

Evaluación y comunicación de los resultados:

Socializar los resultados con una prestación por grupo.

Aspectos a tener en cuenta:

- Rendimiento de la polimerización
- Efectividad del método utilizado

Referencias Bibliográficas

Caamaño, A. 2007. Los trabajos prácticos en ciencias. En Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.) (2007) *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Grao.

Liu, Y., Ai, K. y Lu, L. (2014). Polydopamine and Its Derivative Materials: Synthesis and Promising Applications in Energy, Environmental, and Biomedical Fields. ACS publications. Chem. Rev. 2014, 114, 5057–5115

ANEXO 5

Guion de trabajo practico para la caracterización de los recubrimientos de polidopamina por voltamperometria cíclica

Planteamiento del problema:

La voltamperometria cíclica (VC) es una técnica electroquímica, los estudios realizados con esta permiten conocer mucha información de un sistema, uno de sus usos es la determinación de mecanismos de reacción, sin embargo, la sensibilidad tan alta asociada a esta no permite utilizarla como una técnica cuantitativa.

La VC consiste en hacer un cambio cíclico del potencial aplicado al electrodo de trabajo, respecto a uno de referencia. Fijando unos potenciales de inversión de barrido y una velocidad dada (v/s).

En la VC se utiliza un sistema de tres electrodos: trabajo, contra electrodo y referencia, además no sólo en las celdas se encuentra el analito de estudio sino también se suele utilizar un electrolito soporte, este último tiene múltiples funciones una de ellas es disminuir la resistencia de la solución ya que influye bastante en la exactitud de esta técnica.

El resultado del análisis por VC es un voltamperograma cíclico que es un gráfico intensidad de corriente versus potencial suministrado, por tanto, se pueden evidenciar picos de intensidad de corriente asociados a procesos redox.

Los picos de intensidad de corriente pueden ser de dos tipos catódicos o anódicos, y en reacciones donde ocurran uno o más procesos redox se corresponderá con el mismo número de señales.

Ahora bien, si la polidopamina es un polímero muy resistivo ¿cómo estudiar los electrodos recubiertos por medio de la VC?

Planificación:

Fundamento del método:

A partir de un voltamperograma cómo explicaría los procesos de oxidación y reducción.

Teniendo en cuenta que la polidopamina se deposita en el vidrio FTO, ¿qué variaciones se deberían evidenciar en los picos del voltamperograma con respecto al blanco? ¿Cómo se justificaría dichos cambios?

Según los fundamentos de la voltamperometría cíclica, ¿qué especies químicas deberían ser utilizadas para realizar las mediciones?

Diseño experimental del método:

¿Cómo comprobar que la superficie del vidrio FTO esté limpia?, ¿Cómo elegir los potenciales de inversión de barrido adecuados para los electrodos de FTO?

¿Cómo elaborar un electrodo de trabajo a partir de los vidrios de FTO?

¿Qué velocidad de barrido es la más adecuada para trabajar este vidrio?

En la voltamperometría cíclica se utiliza un sistema de tres electrodos, ¿qué tipo de electrodos se usarían en este caso?

¿Por qué es necesario burbujear la solución con nitrógeno antes de realizar la medida?

Diseñar un diagrama de flujo del procedimiento que llevarían a cabo para la medición de ciclo voltamperometría y especificar que materiales y reactivos utilizaran.

Discutir el procedimiento y el método diseñado antes de llevar a cabo el experimento.

Material de apoyo:

Suarez, M.F., (2011), *Electroquímica física e interfacial: una aproximación teórica*, Bogotá D.C., Colombia, Editorial Universidad Nacional de Colombia. Capitulo 4 Voltamperometría cíclica.

Realización:

Tener en cuenta:

- Burbujear la solución con nitrógeno durante 5 a 10 minutos.
- Asegurarse que las conexiones estén bien hechas, verificar que los electrodos estén sumergidos para que no haya interferencias.
- Realizar la limpieza de los electrodos con agua Milli-Q
- Verificar el blanco con voltamperometría cíclica en KCl, para asegurarse que hay impurezas y que el electrodo está completamente limpio.
- Preparar la solución 0.01 M de hexaciano ferrato III, utilizando de electrolito de soporte KCl 0.1 M.

Tratamiento de datos:

Reportar en un voltamperograma general los resultados de los experimentos con su respectivo análisis.

Evaluación y comunicación de los resultados:

Socializar los resultados en una presentación grupal.

Referencias Bibliográficas

Suarez, M.F., (2011), *Electroquímica física e interfacial: una aproximación teórica*, Bogotá D.C., Colombia, Editorial Universidad Nacional de Colombia.

ANEXO 6

Guion de trabajo practico para la caracterización de los recubrimientos de polidopamina por espectroscopia de impedancia

Planteamiento del problema:

Caracterización de Biomateriales

La espectroscopia de impedancia (EIS) es una técnica ampliamente utilizada en la caracterización en procesos de interface electrodo-electrolito, el procedimiento experimental consiste en aplicar un impulso periódico de potencial o corriente a un electrodo en un electrolito dado, de eso resulta una señal de corriente o voltaje que se analiza determinando su amplitud y un ángulo de desfase entre las dos señales. Esta relación entre los valores de impedancia y frecuencia genera un registro que se conoce como espectro de impedancia.

Este método tiene diversas aplicaciones, entre ellas en la ciencia de los biomateriales, en la cual los metales son los materiales más adecuados para la reparación o el reemplazo del tejido óseo, debido a que poseen una elevada resistencia mecánica lo que evita la fractura. A pesar de lo anterior el cuerpo humano es un medio acuoso por lo tanto el uso de materiales metálicos puede dar lugar a fenómenos de corrosión denominados procesos electroquímicos. Los productos de corrosión y los iones metálicos liberados por la corrosión electroquímica, en especial por la retirada mecánica de la capa de pasivación y la corrosión galvánica pueden presentar un gran riesgo en las aplicaciones de los metales como biomateriales ya que pueden generar efectos citotóxicos (destrucción de las células).

La biocompatibilidad es un factor vital para determinar la idoneidad de un material para aplicaciones en el campo biomédico, otro material que muestra una excelente compatibilidad con el cuerpo humano es la polidopamina, algunos estudios realizados han demostrado que dicho polímero no ha obstaculizado la viabilidad o proliferación de muchos tipos de células de mamíferos, además se demostró que las nanopartículas de polidopamina no inducen efectos citotóxicos evidentes.

Por lo anterior la EIS es uno de los métodos que más información proporciona sobre las propiedades de la interface biomaterial/electrolito, ya sea para analizar el acabado superficial del biomaterial o para caracterizar la capa de óxido o recubrimiento protector superficial (Vázquez, J. 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior ¿Cómo aplicaría la EIS para evaluar las propiedades de interface de un recubrimiento de polidopamina?

Planificación:

Fundamento del método:

A partir del espectro de impedancia cómo se evidencia la capacitancia y

resistividad de un material.

Teniendo en cuenta que la polidopamina se deposita en el vidrio FTO ¿qué variaciones se deberían evidenciar en el espectro de impedancias con respecto al blanco? ¿Cómo se justificaría dichos cambios?

Según los fundamentos de la espectroscopia de impedancia, ¿qué especies químicas deberían ser utilizadas para realizar las mediciones?

Diseño experimental del método:

¿Cómo comprobar que la superficie del vidrio FTO esté limpia?, ¿Cómo elegir las frecuencias en el intervalo de tiempo de la medición?

En la espectroscopia de impedancia se utiliza un sistema de tres electrodos, ¿qué tipo de electrodos se usarían en este caso? ¿Por qué es necesario burbujear la solución con nitrógeno antes de realizar la medida?

Diseñar un diagrama de flujo del procedimiento que llevarían a cabo para la medición de los espectros de impedancia, y especificar que materiales y reactivos utilizaran.

Discutir el procedimiento y el método diseñado antes de llevar a cabo el experimento.

Material de apoyo:

Espectroscopia de impedancia electroquímica en corrosión:

<http://depa.fquim.unam.mx/labcorr/libro/Manual-EIS-IMP-UNAM.PDF>

Chaparro, C. V. y otros (2016). Considerations on electrical impedance measurements of electrolyte solutions in a four-electrode cell. Journal of physics. Conf. Ser. 687 012101.

Realización:

Tener en cuenta:

- Burbujear la solución con nitrógeno durante 5 a 10 minutos.
- Asegurarse que las conexiones estén bien hechas, verificar que los electrodos estén sumergidos para que no haya interferencias.
- Realizar la limpieza de los electrodos con agua Milli-Q
- Verificar el blanco con EIS cíclica en la solución de hexaciano ferrato II y III 5mM, en buffer Pbs 0,1 M.
- Preparar la solución M de hexaciano ferrato II y III.

Tratamiento de datos:

Reportar el respectivo espectro de impedancias analizando el porqué de los resultados obtenidos.

Evaluación y comunicación de los resultados:

Socializar los resultados en una presentación grupal comparando los diferentes espectros de impedancia de los grupos de trabajo y realizando el respectivo análisis.

Referencias Bibliográficas

Vázquez, J. (2007). Empleo de la técnica de espectroscopia de impedancias electroquímicas para la caracterización de biomateriales. Aplicación a una aleación biomédica de Co-Cr-Mo (Tesis de maestría). Universidad politécnica de Valencia, España. Recuperado a través de internet:
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12346/TesisMaster_LuisVazquez.pdf?sequence=1
Suarez, M.F., (2011), *Electroquímica física e interfacial: una aproximación teórica*, Bogotá D.C., Colombia, Editorial Universidad Nacional de Colombia.