

Aquí encontrará el resumen de las tesis de licenciatura y maestría presentadas entre julio y noviembre de 2018 en la sección Química de la PUCP.

FISICOQUÍMICA

**Evaluación de la deionización capacitiva de NaCl acuoso empleando un electrodo de carbón activado modificado con hexafluorofosfato de 1-butil-3-metilimidazolio**

**Kenjo Otsuka Salinas**  
Tesis de MAESTRÍA

En el presente trabajo de tesis, se presenta la síntesis, caracterización y aplicación de un electrodo de carbón activado y carbón activado modificado con el líquido iónico hexafluorofosfato de 1-butil-3-metilimidazolio en la remoción de cloruro de sodio mediante el proceso de deionización capacitiva (CDI) en soluciones acuosas salinas preparadas de 200, 500 y 1000 ppm y aplicando potenciales de 0,8; 1,0 y 1,2 V. El desarrollo de la tecnología de deionización capacitiva (CDI) para la desalinización de soluciones electrolíticas es un área bastante prometedora, registrándose hasta la fecha múltiples trabajos a escala de laboratorio e industrial. El proceso de deionización capacitiva (CDI) depende directamente de la capacitancia eléctrica de los materiales empleado como electrodos, la humectabilidad de estos, así como el potencial de trabajo aplicado entre los electrodos. Los materiales carbonosos al ser modificados con líquido iónico presentan un incremento de la capacitancia eléctrica, gran estabilidad electroquímica, así como una me-

jora de la humectabilidad. Ante esto, surge la siguiente interrogante: ¿será posible desarrollar un electrodo que contribuya a la mejora de la remoción de cloruro de sodio en el campo de la deionización capacitiva (CDI)? Mediante voltametría cíclica se calcula la capacitancia eléctrica del carbón activado modificado y carbón activado; siendo 58,40 F/g y 44,20 F/g, respectivamente. Mediante la medición del ángulo de contacto se obtiene una mejora de la humectabilidad de 112,00° para el electrodo sin modificar a 61,90° para el electrodo modificado. Finalmente, se logra determinar que a una concentración salina de 1240 ppm y un potencial de 1,0 V se obtiene la mayor capacidad de remoción de 13,79 mg/g.

Tesis dirigida por el  
Dr. Maynard Kong Moreno

CIENCIA DE MATERIALES  
APLICADA A MEDIO AMBIENTE

**Desarrollo y optimización de un sensor químico portátil basado en la transferencia de energía entre nanopartículas de oro y rodamina B como agente fluorescente para la determinación de cianuro (CN-) en soluciones acuosas**

**Lorena Amelia Veliz Portal**  
Tesis de MAESTRÍA

El anión cianuro es un compuesto inorgánico que se origina de forma natural o antro-

pogénica, y tiene la facilidad de transportarse largas distancias al estar presente, en pequeñas proporciones, dentro de las partículas de polvo que pueden desplazarse por el aire con facilidad. Este ion es altamente utilizado en la industria metalúrgica y en la extracción de oro y plata cuyos efluentes son luego desechados en las fuentes de agua más cercanas. En nuestro país existen innumerables mineras informales dedicadas a la extracción de oro utilizando cianuro. Estas empresas ponen en riesgo a las poblaciones y al medioambiente aledaño ya que no cuentan con medidas de seguridad y planes de contingencia, ni obedecen las regulaciones del estado. Hasta el día de hoy se han desarrollado numerosos métodos analíticos para la determinación de cianuro; sin embargo, la mayoría de ellos requieren largos tiempos de preparación de muestras y un análisis o instrumentación costosa. Frente a ello han surgido nuevas posibilidades para la detección del anión cianuro, entre ellos los ensayos colorimétricos y de fluorescencia basados en nanomateriales. Estos permiten una cuantificación con bajos límites de detección de manera rápida, precisa y con un tratamiento de muestra sencillo. En este trabajo se desarrolló y optimizó un nanosensor de nanopartículas de oro, caracterizadas por medio de las espectroscopía de UV-Vis y microscopía de fuerza atómica, basado en la transferencia de energía empleando un fluoróforo de bajo costo, la rodamina B, para la detección de cianuro. El sensor fue

monitoreado por fluorescencia y demostró ser sensible y selectivo a cianuro obteniéndose un límite de detección de 2  $\mu\text{M}$ . A su vez, el sensor se implementó en una plataforma portátil sin que esto comprometa la sensibilidad de su respuesta incluso en presencia de muestras de matrices complejas.

Tesis dirigida por el  
Dr. Yves Paul Coello De la  
Puente

## **Desarrollo y evaluación de un electrodo de fieltro de grafito modificado con óxido de manganeso-cobalto para su aplicación en la oxidación de As(III) a As(V) en sistemas acuosos**

**Cynthia Roman Canchari**  
Tesis de MAESTRÍA

Los procesos más eficientes de remoción de arsénico remueven en mayor cantidad el arsénico en forma de arseniato (As(V)) en comparación al arsenito (As(III)), debido a ello, el tratamiento de remoción de arsénico debe incluir una etapa de pre oxidación para convertir el arsenito en arseniato. Es por ello que en la presente tesis, se desarrolla y evalúa un electrodo de fieltro de grafito modificado con óxido de manganeso-cobalto para así aplicarlo en la oxidación de arsénico (III) a arsénico (V) en sistemas acuosos. La preparación de los electrodos se realiza mediante electrodeposición anódica evaluando parámetros como la relación molar Mn/Co, pH, potencial y tiempo de deposición. Se determinó que los parámetros de deposición más favorables para la oxidación de

arsénico (III) a arsénico (V) son a 60 min, pH=3, 1,5 V y relación molar de Mn/Co de 5:1. El electrodo modificado es caracterizado mediante voltametría cíclica, espectrofotometría UV-visible por reflectancia difusa, microscopía electrónica de barrido, difracción de rayos X y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier de reflectancia total atenuada. En la evaluación de las condiciones experimentales (pH y potencial de trabajo) para favorecer la oxidación del As(III) a As(V) se determinó que en medios de pH ácidos se favorece la oxidación del As(III) y se encontró menores tiempos de oxidación del As(III) a potenciales de trabajo de 2,5 V. Además, el fieltro de grafito modificado con óxidos mixtos de Mn-Co mostró una mayor efectividad en la oxidación del As(III) a As(V) respecto al fieltro de grafito modificado solo con óxidos de manganeso.

Tesis dirigida por el  
Dr. Maynard Kong Moreno

## **Validación de un método colorimétrico basado en nanopartículas de oro para la determinación de plomo (Pb+2) en muestras de agua para uso y consumo humano**

**Miguel Omar Villanueva Villanueva**  
Tesis de MAESTRÍA

El plomo (Pb+2) es un contaminante ambiental de alto riesgo para la salud. La OMS establece un valor límite máximo permisible de plomo en el agua potable de 48.3 nM. En contraposición, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)

describe efectos nocivos en el desarrollo neurológico a niveles de 10.1 nM de plomo en agua para el consumo humano. En la industria de los laboratorios analíticos, la cuantificación de Pb+2 en agua para uso y consumo humano está dominada por métodos basados en AAS, ICP/MS y ICP/OES. Estas metodologías carecen de sensibilidad para los niveles de concentración descritos por la EFSA. La metodología propuesta se basa en un sensor químico a partir de nanopartículas de oro de 14 nm de diámetro funcionalizadas con ácido maleico, capaz de detectar y reconocer al Pb+2 en solución de manera específica y selectiva, mediante la alteración del plasmón de resonancia de superficie localizado de las nanopartículas de oro como señal analítica detectable mediante espectrofotometría UV-Vis. La calidad del agua puede ser controlada a través de la medición de contaminantes ambientales por métodos que deben pasar previamente por una validación metodológica para brindar confiabilidad en los resultados analíticos. Entonces, debe validarse el método evaluando el desempeño de la metodología y estimando la incertidumbre del resultado. La validación demuestra que el método es lineal en un rango de concentraciones de 2.30 a 100 nM de Pb+2 con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.9948. La estimación de los límites de detección y cuantificación son 0.70 nM y 2.30 nM respectivamente. El método es veraz, al obtener 101.0% de recuperación para niveles de Pb+2 de 10 nM. Los interferentes estudiados en este trabajo no son fuente de error para los límites máximos permisibles (LMP) para la matriz de agua de uso y consumo hu-



# MAESTRÍA EN QUÍMICA: FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN

El desarrollo y fortalecimiento de la investigación científica constituye uno de los ejes fundamentales del desarrollo de un país y repercute en mejorar la calidad de vida de la sociedad.

La **formación de posgrado en química** tiene como propósito fundamental desarrollar en el estudiante competencias científicas propias del investigador que le permitan aportar a la generación de nuevos conocimientos en el área disciplinar, así como aplicar los conocimientos científicos, técnicos y metodológicos para el desarrollo de proyectos de investigación aplicada y la solución de problemas concretos de la profesión en el contexto local e internacional.

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Ciencias Analíticas
- Ciencias de los Materiales
- Medio Ambiente
- Síntesis química

## CONTACTO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
Escuela de Posgrado  
Av. Universitaria 1801 San Miguel, Lima 32 – Perú  
Complejo Mac Gregor, 8° piso

Teléfonos: (511) 6262530 / (511) 6262531  
Correo electrónico: [posgrado@pucp.edu.pe](mailto:posgrado@pucp.edu.pe)  
<http://posgrado.pucp.edu.pe/maestria/quimica/>  
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/maestriaquimica/>

mano descritos por el Ministerio de Salud del Perú.

Tesis dirigida por el  
Dr. Yves Paul Coello De la  
Puente

## Estudio de la adsorción del fosfato y glifosato presentes en soluciones acuosas utilizando arcillas organofílicas como materiales adsorbentes

**Katherine Maritza  
Martínez Bellido**

Tesis de MAESTRÍA

La presente tesis se ha centrado en evaluar el estudio de la adsorción del fosfato y glifosato en soluciones acuosas empleando arcillas organofílicas como materiales adsorbentes. Las arcillas organofílicas se obtienen mediante la sustitución de los cationes de cambio presentes en la arcilla precursora homioiónica (CP) con los cationes amónicos cuaternarios hexadeciltrimetilamonio (HDTMA) y tetrametilamonio (TMA) en concentraciones de 1, 2 y 4 veces la capacidad de intercambio catiónico (CEC) de la arcilla.

La caracterización de los materiales adsorbentes se ha realizado mediante técnicas analíticas e instrumentales, lo cual permite conocer la morfología, la estructura y las propiedades superficiales de las arcillas.

En base a la capacidad de adsorción ( $q_e$ ) de las arcillas organofílicas para la retención de fosfato presente en soluciones acuosas, se ha obtenido el siguiente orden: CP-HDTMA-4 > CP-HDTMA-2 > CP-HDTMA-1 > CP-TMA-4 > CP-TMA-2 > CP-

TMA-1, en forma similar para el caso de glifosato se ha observado el siguiente orden: CP-HDTMA-4 > CP-HDTMA-2 > CP-TMA-4 > CP-TMA-2 > CP-HDTMA-1 > CP-TMA-1. El tiempo de equilibrio necesario para alcanzar la máxima adsorción del fosfato ha sido de 15 min y para el glifosato ha sido de 20 min. El modelo cinético que presenta un mejor ajuste con los resultados experimentales para la adsorción de ambos adsorbatos ha sido el de pseudo-segundo orden. Para el estudio de las isothermas, la adsorción del fosfato y glifosato han presentado un mejor ajuste con el modelo de Langmuir. En todos los resultados el pH ha sido un factor importante debido a que afecta la capacidad de adsorción, encontrándose que los valores máximos de adsorción para el fosfato y glifosato, han sido a pH=2 y pH=12, respectivamente.

Tesis dirigida por la  
Dra. María Del Rosario Sun Kou

## Estudio de degradación electroquímica de residuos lácteos usando electrodos a base de fieltro grafitico

**Luis Renato Obregón Castillo**

Tesis de MAESTRÍA

La presente investigación se basa en la oxidación electroquímica para la degradación de efluentes con residuos lácteos, utilizando electrodos a base de fieltro grafitico directamente o con algunas modificaciones en su superficie, estos ofrecen muchas ventajas con respecto a otros electrodos, ya que son químicamente estables, son buenos conductores eléctricos

y tiene una excelente fijación de algunas moléculas en su superficie. Por ello, en esta investigación se compara la eficiencia de diferentes sistemas de celdas en procesos electroquímicos para el tratamiento de muestras sintéticas que simulan el contenido de efluentes residuales de la industria láctea, teniendo como principios la oxidación anódica, y el proceso electro-Fenton. Para los diferentes sistemas de celda, se prepararon muestras sintéticas simulando residuos lácteos, donde se disolvió 8 gramos de leche en polvo en un litro de agua, utilizando las siguientes condiciones: pH 3, un voltaje de 8 V y una densidad de corriente de 140 A/m<sup>2</sup> entre los electrodos en contacto con 200 mL de la muestra sintética, y por un tiempo máximo de 4 horas. Se registraron los cambios respecto a los valores iniciales de parámetros representativos para el tratamiento electroquímico en cuestión como, por ejemplo, turbidez, demanda química de oxígeno (DQO), contenido total de proteínas, en intervalos de 1 hora. Bajo las condiciones electrolíticas indicadas anteriormente, se observó que en la celda Fe/fieltro aumenta la eficiencia en la disminución del DQO, turbidez y contenido total de proteínas hasta de niveles de 86,88 %, 85,31 % y 78,91 % (Tabla 22), respectivamente. Esto implica un aumento en la eficiencia de remoción adicional de la demanda química de oxígeno (DQO), turbidez (NTU) y porcentaje total de proteínas de 9,05 %, 3,68%, 11,39% (Tabla 24), respectivamente, comparado a la celda estándar Fieltró / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH = 3) / Fieltró.

Tesis dirigida por el  
Dr. Maynard Kong Moreno

**Determinación de ácidos grasos, compuestos fenólicos y efecto gastroprotector de semillas de uva (*Vitis vinifera*) variedad Malbec, sub producto de la industria vitivinícola, Ica-Perú**

**Miki Gonzales Uscamayta**

Tesis de MAESTRÍA

La uva (*Vitis vinifera*) es uno de los cultivos de gran importancia y mayor envergadura a nivel mundial para la industria vitivinícola. Su uso en la elaboración del vino y productos derivados en el Perú es una actividad a gran escala y como consecuencia surgen los subproductos, como la semilla, con altos contenidos de compuestos fenólicos y aceite.

En el presente trabajo se determina el perfil y contenido de compuestos fenólicos, mediante las técnicas UHPLC-ESI-MS/MS y UV-Vis; el contenido de aceite, mediante técnicas de extracción tradicional y CO<sub>2</sub> supercrítico; la composición de ácidos grasos mediante GC y, la evaluación del efecto gastroprotector in vivo del extracto de semillas de uva, que evidencia que conserva alto contenido de compuestos bioactivos, los cuales son responsables de diferentes actividades farmacológicas, que pueden ser aprovechados de mejor manera y así darle un valor agregado. Entre los resultados se observa un alto contenido de aceite (extraído con Soxhlet) en semillas de uva con un valor máximo de 14 % con Soxhlet y un valor

máximo de 25 % de ácidos grasos, compuesto principalmente de ácido linoleico (71 %). De la misma forma se identifican 27 compuestos fenólicos, donde los flavan-3-oles y procianidinas son los componentes mayoritarios, el alto contenido de fenólicos se corrobora con el método de Folin Ciocalteu, que alcanza un valor de 40,3 mg de ácido galico por g de semilla. Finalmente, los extractos alcohólicos de semillas de uva presentan efecto gastroprotector frente a la úlcera gástrica inducida por Naproxeno, el análisis estadístico sugiere que el tratamiento Ext. MeOH a una dosis de 600 mg/kg, posee un mayor efecto de entre todos los tratamientos aplicados, con un valor de inhibición de 80 % comparable con la Ranitidina. Estos resultados demuestran que la semilla, residuo de la industria vitivinícola, es fuente importante de compuestos bioactivos, moléculas con importantes aplicaciones.

Tesis dirigida por la  
Dra. Juana Rosa María Robles  
Caycho

**Propuesta verde para la síntesis de hidrazonas de interés farmacéutico**

**Luis Alberto Laura Mejia**

Tesis de MAESTRÍA

Los núcleos de hidrazonas exhiben una actividad farmacológica variada, cuya síntesis tradicional requiere el uso de solventes y reactivos que son dañinos para el medio ambiente y la salud, además de la necesidad de temperaturas altas (reflujo) y tiempos prolongados para llevar a cabo la reacción. Y aun-

que se han reportado alternativas de síntesis de hidrazonas, no existe algún método que emplee el líquido iónico bisulfato de 1-butil-3-metilimidazolio [BMIm (HSO<sub>4</sub>)]; como medio de reacción y catalizador.

En el presente trabajo se plantea proponer una ruta verde para la síntesis de hidrazonas de interés farmacéutico usando líquidos iónicos como medio de reacción, en este caso BMIm (HSO<sub>4</sub>), el empleo de este último mejora de manera significativa los resultados de la reacción, mejorando no solo en el rendimiento de producto obtenido. Tanto el 3-(2-fenilhidrazinil) ciclohex-2-en-1-ona como el p-nitrobenzaldehído fenilhidrazona se caracterizan por FT-IR, RMN 1H, RMN 13C y HSQC. El rendimiento de la reacción se evalúa por la métrica de la estrella verde cuyo análisis se basa en los principios de la química verde, generando el diagrama de la estrella verde y el cálculo de GSAI, que en el caso del 3-(2-fenilhidrazinil) ciclohex-2-en-1- el GSAI pasa de un 10 % a un 60 % con la ruta propuesta y, para el p-nitrobenzaldehído fenilhidrazona pasa de un 20 % a un 50 %, lo que indica que hay una mejora significativa en cuanto a rendimiento se refiere.

Se concluye que la ruta propuesta es más eco-amigable frente a la ruta tradicional existente.

Tesis dirigida por  
Emma Patricia Morales Bueno

CIENCIA DE MATERIALES

**Influencia de la composición química de arenas y cementos peruanos en el desempeño de aditivos plastificantes para concreto**

**Luis Jesús Mijail Samaniego Orellana**

Tesis de MAESTRÍA

Los aditivos, presentes hace mucho tiempo en la tecnología de la construcción, pueden transmitir excelentes propiedades físicas y químicas, teniendo la capacidad de poder ser aplicados en muchos campos, para proporcionar nuevas funciones y características. Y esta es la razón por la cual, los últimos desarrollos en el campo de la construcción, están asociados con la evolución de estos aditivos, siendo necesarios para generar mezclas con alta resistencia a los sulfatos, con un contenido de aire óptimo, entre otras propiedades; manteniendo sin embargo hasta la actualidad como principal función, actuar como agente plastificante, dentro de las mezclas de concreto, retardando la pérdida del slump y de la fragua inicial, a través de complejas interacciones químicas.

Y es precisamente por este motivo, que cobra importancia esta investigación, titulada "Influencia de la composición química en los cementos y agregados peruanos, en el rendimiento de los aditivos plastificantes"; ya que de esta manera se puede saber, cómo las características de las principales materias primas del concreto, pueden determinar el rendimiento

de los aditivos plastificantes, que se utilizan en ellas; ya que se podría pensar, que debido a sus marcadas características químicas, estos aditivos siempre mostrarán el mismo comportamiento, previsto por el fabricante; pero esta investigación demostrará, con los resultados de las pruebas realizadas a estas mezclas, que éstas generalmente varían, incluso con mínimos cambios en la composición del cemento y de los agregados (especialmente en las miles de partículas de arena), que lo componen.

Respecto a las arenas, notamos claramente la influencia de su módulo de finura, y de su contenido de arcillas (cuantificado por el método del azul de metileno), sobre el poder plastificante de los aditivos, y en la resistencia que obtendrán los morteros diseñados con ellos; ya que a menor M.F. y %Arcillas, el aditivo mostró una mayor intensidad plastificante dentro de los morteros, logrando que estos se vuelvan más fluidos por mayor tiempo, y con mejores resistencias.

Respecto a los cementos, se pudo observar, que aquellos con menor contenido de Alkalís y de Aluminato Tricálcico, maximizan el efecto de cada aditivo, ya que éstos presentaron una elevada intensidad plastificante en sus respectivos morteros; logrando que estos se vuelvan más fluidos y por mayor tiempo, además de que en ellos se obtuvieron las mayores resistencias; notándose claramente la influencia que presenta el tipo de cemento, en el comportamiento de los aditivos.

Y respecto a los aditivos, se pudo demostrar que el aditivo Naftalenosulfonato, es el que tiene mayor poder plastificante inicial, en casi todos los casos, salvo algunas excepciones; y el aditivo Policarboxilato en cambio, es el que mantiene por mayor tiempo su capacidad de mantener el slump, siendo el único que mantuvo la fluidez y trabajabilidad de cada mortero, por más de 120'.

Finalmente, luego de un análisis puntual por cada combinación, se hizo un análisis global de todo el Proyecto; obteniendo conclusiones lógicas, que se podrían aplicar a la vida real; verificando especialmente lo voluble y sensible a los cambios que es el concreto, y más aún los aditivos.

Tesis dirigida por el Dr. Maynard Kong Moreno

BIOQUÍMICA

**Identificación y validación de biomarcadores ómicos involucrados en el pronóstico de recurrencia bioquímica de cáncer de próstata**

**Miguel Arturo Espinoza Portocarrero**  
Tesis de LICENCIATURA

El cáncer de próstata es la segunda neoplasia más común en la población masculina del mundo. El comportamiento clínico del cáncer de próstata localizado es muy variable; mientras que algunos casos tienen un tipo agresivo de cáncer que

resulta en metástasis y muerte del paciente, otros tendrán un tipo indolente que se puede curar con terapias o monitorear cuidadosamente. Existen múltiples sistemas de estratificación de riesgo de mortalidad que usan parámetros clínicos, como los niveles de PSA y la Puntuación de Gleason. No obstante, estos criterios no pueden predecir adecuadamente el riesgo de recurrencia bioquímica.

Los pacientes con cáncer de próstata no pueden ser dicotomizados con precisión en grupos de recurrencia bioquímica de bajo o alto riesgo mediante el uso de parámetros clínicos. Por este motivo se integró información genómica y clínica

con el objetivo de identificar potenciales biomarcadores predictivos y generar firmas pronósticas que permitan una dicotomía más acertada de los pacientes. Se empleó una metodología de análisis estadístico predictivo de la recurrencia bioquímica utilizando genes relacionados con la regeneración de células madre de relevancia para la recurrencia bioquímica de cánceres, como la vía de señalización Wnt y la pluripotencia de células madre; y la contribución del parámetro clínico de la Puntuación de Gleason, de manera que se generó un firma pronóstico integrada.

La firma integrada fue validada en cohortes indepen-

dientes de pacientes disponibles en repositorios internacionales para ser dicotomizados en grupos de riesgo que puedan asociarse con un pronóstico bueno o malo. De esta manera, se tendrá un mejor pronóstico de los pacientes y la asignación adecuada de terapias para su tratamiento. Queda claro que el desarrollo y validación de nuevos biomarcadores para evaluar el pronóstico de recurrencia en cáncer de próstata contribuiría a mejorar la salud en la mayoría de los países independientemente de sus características sociales, económicas, culturales y epidemiológicas.

Tesis dirigida por la  
Dra. Fanny Lys Casado Peña

---

ENCUENTRA EL TEXTO COMPLETO DE LAS TESIS SUSTENTADAS EN LA SECCIÓN QUÍMICA EN EL REPOSITORIO DIGITAL DE TESIS PUCP. **HAZ CLICK AQUÍ**  O ESCANEA EL CÓDIGO QR.

