

Aquí encontrará el resumen de las tesis de licenciatura y maestría presentadas entre marzo y setiembre de 2019 en la sección Química de la PUCP.

BIOANALÍTICA

Caracterización de compuestos epicuticulares del árbol *Triplaris americana*

Jorge Emiliano Deustua Stahr
Tesis de LICENCIATURA

Triplaris americana es un árbol de la familia de las poligonáceas que tiene una relación simbiótica mutualista con hormigas de la especie *Pseudomyrmex triplarinus*. Este árbol, que pertenece al grupo de mirmecofitas debido a su afiliación con hormigas, es defendido de herbívoros y parásitos por las hormigas mientras que éstas utilizan el árbol a su favor como nido para la colonia. Este tipo de relaciones simbióticas son sumamente interesantes para muchas áreas de la biología, especialmente para la ecología química y, por lo tanto, su estudio es relevante.

Las ceras epicuticulares son compuestos lipofílicos que forman un revestimiento que cubre todas las partes aéreas de una planta y es fundamental para su supervivencia. Evitan que la planta sufra de una deshidratación descontrolada mientras que también defienden a la planta de patógenos, radiación UV, polvo y polen. Además, son el medio de señalización con el que las plantas interactúan con otras especies, especialmente insectos, mediante compuestos químicos que los insectos son capaces de detectar.

El objetivo de esta tesis es estudiar la química de las ceras epicuticulares de *Triplaris americana* con la aspiración a comprender con

más detalle la relación simbiótica entre *Pseudomyrmex triplarinus* y este árbol desde la perspectiva química. Para esto, se analizaron las ceras extraídas de hojas de *Triplaris americana* mediante métodos cromatográficos y espectroscópicos. El resultado fue un perfil de concentraciones relativas de compuestos altamente hidrofóbicos que provee información útil para un posterior análisis de su función en relación con la percepción de las hormigas.

Tesis dirigida por el Dr. Eric Cosio

Balance de carbono, energía y productividad ecosistémica en la amazonía occidental empleando el método de flujos turbulentos

Enzo Martín Casimiro Soriano
Tesis de MAESTRÍA

Se empleó el método de covarianza de flujos turbulentos para la determinación de flujos netos de carbono, respiración ecosistémica y productividad primaria bruta del bosque amazónico, en la región Madre de Dios, desde noviembre de 2016 (temporada lluviosa) hasta octubre de 2018 (temporada seca). Para ello, se utilizó un sistema compuesto por un anemómetro sónico, un analizador de gases infrarrojo, sensores de radiación, humedad y temperatura ubicados sobre una plataforma, a 46 metros, sobre el dosel del bosque. La compilación, procesamiento y análisis de datos se realizó empleando el lenguaje de programación R y los softwares comerciales *Eddy Pro* y *TOVI*.

Se registró un 78,30 % de datos válidos en un periodo efectivo de 541 días. Las temperaturas pro-

medio del aire oscilaron entre 21,6 y 25,6 °C y la humedad relativa alrededor de 80%. La distribución de patrones de viento mostró una dirección predominante hacia el NO y velocidades entre 0,1 a 1,4 ms⁻¹. El principal indicador de presencia de turbulencias, u*, registró un valor promedio de 0,31 m.s⁻¹ durante el día y 0,14 m.s⁻¹ nocturno. Durante el día, los picos de temperatura, velocidad de viento y temperatura, así como el mínimo de %RH, se dieron entre las 12:00 y 14:00 h.

Por otra parte, los flujos de radiación de onda corta oscilaron alrededor de 300 W.m⁻² y para la onda larga en -40 W.m⁻², con valores más altos durante las temporadas secas. Para la temporada húmeda 2016-2017, se registró un flujo neto de radiación de 156,98 W.m⁻² y en la temporada seca, 137,76 W.m⁻². En la temporada 2017-2018, la radiación neta fue 151,20 W.m⁻² en el periodo lluvioso y 139,81 W.m⁻² en el periodo seco. La Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) registró un promedio diario entre 300 y 400 μmol.m⁻².s⁻¹. La distribución diaria indica que el bosque recibió radiación entre las 06:00 y 18:00 h, alcanzando picos máximos alrededor del mediodía. Durante las noches, el bosque se comportó como un emisor de radiación.

El análisis determinó un flujo de CO₂ promedio diario en -5 μmol.m⁻².s⁻¹ para las temporadas húmedas y -4 μmol.m⁻².s⁻¹ en las temporadas lluviosas. En los flujos de almacenamiento de CO₂, se registraron valores de 2,03 μmol.m⁻².s⁻¹ en las temporadas húmedas y 1,3 μmol.m⁻².s⁻¹ en las temporadas secas. El Intercambio Neto Ecosistémico (NEE) osciló entre -2 y -1 μmol.m⁻².s⁻¹. El comportamiento diario, influenciado por la actividad de la capa límite, indicó que el bos-

que se comporta como sumidero de carbono durante el día y emisor durante las noches. Entre las 6:00 h y 08:00 h, la generación de turbulencias por ingreso de radiación solar en la capa límite atmosférica, generó un pulso de CO_2 con un máximo entre 6 y $9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

En el análisis de flujo y balance de energía se evaluó el calor sensible (H) y calor latente (LE). A escala mensual, H fluctuó alrededor de $20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ y LE alrededor de $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, con mayores valores durante las temporadas húmedas debido a la mayor nubosidad, disponibilidad de H_2O y menor ingreso de radiación. A nivel diario, por presencia de radiación solar, el mayor flujo de calor se registró durante el día y los picos se alcanzaron al mediodía. El balance de energía, como correspondencia entre la radiación neta y $\text{H}+\text{LE}$, mostró rectas con pendientes entre 0,70 y 0,80. La pérdida en el balance de energía fue causado por errores en la instrumentación, muestreo, aplicación del filtro de turbulencias y la existencia de reservas de energía verticales que no se consideraron puesto que no fueron registradas por los equipos.

El cálculo de la respiración ecosistémica nocturna (R) se determinó de la regresión hiperbólica cuadrática en la relación del NEE y PAR. Durante el periodo 2016-2017, R se situó en el intervalo de $9,49$ a $11,84 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, mientras que en 2017-2018, estuvo entre $7,03$ y $7,88 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. La respiración fue más intensa durante las temporadas lluviosas debido a la promoción de la respiración heterotrófica y mayor humedad del suelo.

La productividad primaria bruta (GPP) se calculó como la diferencia entre los valores de NEE y R. El cálculo mostró una fijación anual neta de $44,86$ toneladas de C por hectárea en el periodo 2016-2017 y $45,92$ toneladas por hectárea durante 2017-2018. El impacto de las variables micrometeorológicas

y fisiológicas, incluyendo posibles errores por falta de continuidad de datos, pudieron afectar los promedios calculados en GPP.

Finalmente, se modeló el comportamiento de la R en función de la temperatura máxima diaria en cada temporada. Los resultados mostraron notable aproximación a los resultados experimentales, por lo que existe la posibilidad de ampliar este campo en la búsqueda de predecir el comportamiento del bosque en el futuro.

Tesis dirigida por
el Dr. Eric Cosio Caravasi

CIENCIA DE MATERIALES

Preparación y caracterización de sensores a base de óxidos metálicos y su aplicación para la detección de insecticidas organofosforados

Fabiola Bravo Hualpa
Tesis de MAESTRÍA

La presente tesis se centra en realizar la síntesis y caracterización de óxidos metálicos dopados con metales de transición para mejorar su sensibilidad para detectar vapores de dos pesticidas organofosforados, Clorpirifós y Malatión. Los óxidos estudiados son el óxido de zinc (ZnO) dopado con Zr, ZnO dopado con Ag, y el óxido de estaño (SnO_2) dopado con Pt y Zr. La síntesis del ZnO se realiza mediante la aplicación de dos metodologías de síntesis hidrotermal: (a) Precipitación asistida por microondas y (b) precipitación en autoclave; mientras que el dopaje del ZnO se realiza agregando los precursores de los dopantes (AgNO_3 y ZrOCl_2) a la mezcla de reacción. El SnO_2 dopado con Zr y Pt se obtiene a partir del óxido de estaño comercial (Merck) y se lleva a cabo en dos

etapas: 1) Dopaje del SnO_2 con Zr por mezcla mecánica y 2) dopaje de SnO_2 con Pt por reducción de este con SnSO_4 . La caracterización de estos materiales se realiza mediante análisis por DRX, FTIR, UV, SEM-EDS, TEM y sorción de N_2 . Además, se realiza la cuantificación de la concentración de pesticidas en las muestras comerciales que se aplican en los ensayos de sensado mediante HPLC.

Se obtienen las señales de respuesta con mayor estabilidad para largos tiempos de sensado con los sensores de óxido de zinc dopado con Zr por síntesis en autoclave (AT-Zr-ZnO). Su caracterización por XRD revela que el dopaje es sustitucional y no se identifican fases adicionales.

Se lleva a cabo un estudio de las condiciones óptimas de temperatura (entre 210°C y 220°C), concentración del dopante en el óxido de zinc y el óxido de estaño. La temperatura tiene un efecto positivo en la sensibilidad de todos los sensores ensayados. A la temperatura de ensayo de 220°C se logra maximizar la sensibilidad de los mejores sensores (AT-Zr_{0.2}-0-ZnO y Pt-0.13-ZrO₂-0.15-SnO₂) por el Malatión. En el caso del sensado del Clorpirifós, se obtienen mejores resultados con el sensor Pt-0.13-ZrO₂-0.15-SnO₂, cuya señal se favorece a 210°C . Además, la sensibilidad del Pt-0.13-ZrO₂-0.15-SnO₂ respecto al AT-Zr_{0.2}-0-ZnO a 220°C es mayor para el Clorpirifós, pero menor para el Malatión.

El método de tratamiento estadístico PCA permite la evaluación de las señales de muestras con diferentes concentraciones de pesticidas. Los mejores PCA, obtenidos con los datos de las mediciones utilizando los sensores más sensibles, muestran una varianza total explicada mayor al 90% y una mejor diferenciación entre muestras de aire contaminado con pesticidas y muestras de aire sin contamina-



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
<http://posgrado.pucp.edu.pe/maestria/quimica/>
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/maestriaquimica/>

ción.

Palabras clave: Sensores de gases, dopaje, nariz electrónica, pesticidas, síntesis hidrotermal.

Tesis dirigida por la Dra. Rosario Sun Kou

Síntesis de nuevos hidrogeles pH- y termo- sensitivos a base de N,N-dimetilacrilamida, N-isopropilacrilamida y macromonómero de 2-oxazolina

Fátima Amanda Santillan Espinoza
Tesis de MAESTRÍA

La presente tesis trata de la síntesis y caracterización de hidrogeles sensibles a la temperatura y al grado de acidez (pH) a partir de la polimerización radicalar, iniciada por el persulfato de potasio, de N,N-dimetilacrilamida (DMAA), N-isopropilacrilamida (NIPAAm) y un macromonómero de 2-oxazolina (MK-17). Se estudió también la aplicación de los materiales elaborados en la adsorción del colorante azul de metileno.

Estos hidrogeles se sintetizaron basándose en el fenómeno de autogelación que presenta el monómero N,N-dimetilacrilamida en presencia de iniciadores radicalarios tipo redox, como el persulfato de potasio. Con este método se obtuvieron materiales más rígidos que un hidrogel convencional como consecuencia de un entrecruzamiento más homogéneo del material.

La caracterización estructural de los hidrogeles fue realizada mediante espectroscopía de resonancia magnética nuclear de protón (1H-RMN-MAS) y espectroscopía infrarroja (FTIR-ATR). Mediante estas técnicas fue posible corroborar la incorporación de los diferentes tipos de monómeros en la estructura del hidrogel.

La presencia de poliNIPAAm y del macromonómero MK-17 en el hidrogel, posibilitó la sensibilidad de los hidrogeles a la temperatura y al pH, respectivamente. La sensibilidad a estos parámetros fue expresada macroscópicamente como una contracción o expansión del volumen del hidrogel por cambios de temperatura y de pH. A mayor contenido de NIPAAm el hidrogel presentó mayor sensibilidad a la temperatura y a mayor contenido de macromonómero se incrementó también la sensibilidad al pH.

Los hidrogeles fueron estables térmicamente hasta los 350 °C aproximadamente, temperatura donde empieza a degradarse. Esta estabilidad térmica fue evaluada mediante análisis termogravimétrico (TGA).

Los hidrogeles del tipo DMAA – MK-17 fueron utilizados como material adsorbente del azul de metileno en un medio acuoso. Se evaluó la influencia de factores, tales como, la concentración inicial de azul de metileno, la masa del hidrogel, el pH y el tiempo de contacto entre el hidrogel y el pigmento. Se obtuvo como resultado que la adsorción se regía bajo el modelo de Freundlich y con una cinética de pseudo-segundo orden.

Tesis dirigida por el Dr. Juan Carlos Rueda Sánchez

Síntesis de hidrogeles con derivado de quitosana y caracterización de sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas

Karen Nonaquina Gonzales Rojas
Tesis de MAESTRÍA

El objetivo principal del presente estudio fue la síntesis de hidro-

geles de poli(acrilamida e hidrogeles de poli(acrilamida-co-ácido acrílico) ambos con entrecruzamiento con N, N'-bismetilacrilamida (MBAm) y derivado de quitosana (DCHI). Este último fue obtenido a partir del uso de clorhidrato de 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil) carbodiimida como agente de acoplamiento para enlazar el ácido acrílico a la quitosana.

Los hidrogeles fueron estudiados mediante técnicas de caracterización de microscopía electrónica de barrido (SEM), calorimetría diferencial de barrido (DSC), ensayos mecánicos de compresión, de reología oscilatoria, así como la velocidad de hinchamiento o absorción de agua. Además, se evaluó las diferencias entre el agente de entrecruzamiento MBAm y el derivado de quitosana en una matriz de poli(acrilamida), y sus efectos sobre las propiedades finales de los hidrogeles.

Las micrografías SEM obtenidas de los cortes transversales de los hidrogeles liofilizados permitieron observar las estructuras internas con poros interconectados, la forma y tamaño que tienen dichos poros, y su dependencia en función del tipo de formulación. La influencia del tipo de microestructura de cada hidrogel se vio reflejada en su capacidad de hinchamiento en agua. La capacidad de hinchamiento mínima fue de 2300 % y la más alta fue de 6800 % de agua absorbida.

Los hidrogeles sometidos a ensayos de compresión, permitieron obtener curvas de esfuerzo – deformación, de donde se determinó los valores del módulo elástico, siendo el valor mínimo alcanzado de 0,068 MPa y el máximo de 0,23 MPa. Los ensayos de reología se pudo determinar el rango de viscoelasticidad lineal, el módulo elástico (G') y viscoso (G''), teniendo como comportamiento elástico predominante para todos los hidrogeles ($G' > G''$). Además, de los ensayos os-

clatorios en función de la frecuencia, se determinó la densidad de entrecruzamiento teórico usando la teoría de elasticidad del caucho.

Finalmente, se pudo concluir que, al aumentar la densidad de entrecruzamiento, las propiedades mecánicas y reológicas de los hidrogeles también aumentan. Sin embargo, la capacidad de hinchamiento en agua disminuye. Además, los hidrogeles derivados de quitosana tuvieron mejores propiedades en comparación a los hidrogeles basados en poliacrilamida.

Tesis dirigida por el
Dr. Javier Nakamatsu Kuniyoshi

Síntesis y caracterización de resinas alquídicas largas en aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) aplicadas para pinturas artísticas

Elizabeth Liz Verde Ramirez
Tesis de MAESTRÍA

La presente tesis trata sobre la síntesis y caracterización de resinas alquídicas largas, usando como materia prima el aceite de sacha inchi (70 % w/W). Las resinas fueron sintetizadas por poliesterificación con pentaeritritol y anhídrido ftálico o ácido isoftálico, mediante dos métodos; alcoholisis y acidólisis. Resinas alquídicas largas en aceite de linaza fueron sintetizadas por ambos métodos para fines comparativos. Fueron evaluadas propiedades fisicoquímicas de las resinas, tales como el número ácido, viscosidad, densidad y color. Además, la obtención de las resinas alquídicas se confirmó mediante técnicas espectroscópicas de FTIR y ¹H-RMN. Las resinas sintetizadas fueron aplicadas sobre vidrio y lienzo, y se estudió la influencia de la concentración del secante superficial de cobalto, sobre el tiempo de secado. Por último, las propiedades térmicas de las resinas alquídicas

obtenidas fueron estudiadas mediante análisis termogravimétrico. Los resultados muestran que las resinas alquídicas largas en aceites de sacha inchi y linaza presentan propiedades fisicoquímicas similares. Sin embargo, se observa un efecto favorable del ácido isoftálico sobre el número ácido, la viscosidad y el color de las resinas, frente al anhídrido ftálico. Las resinas alquídicas largas en aceite de sacha inchi presentan colores más claros que sus similares a base aceite de linaza. Las películas que se obtienen a partir de las resinas sintetizadas presentan similares tiempos de secado. Las resinas a base de sacha inchi presentaron ligera mayor estabilidad térmica que las resinas a base aceite de linaza.

Tesis dirigida por el
Dr. Santiago Flores Merino

CORROSIÓN

Estudio del comportamiento anticorrosivo del tanato de zinc en imprimantes epóxicos

Manuel Andrés Apolinar Gonzales Winchonlong
Tesis de MAESTRÍA

El presente trabajo ha tenido por finalidad estudiar la capacidad inhibitoria y el comportamiento anticorrosivo que ofrece el pigmento de tanato de zinc en las pinturas epóxicas, para su aplicación en la protección del acero estructural. El tanato de zinc es un pigmento reciente y novedoso que, basado en estudios anteriores, tiene capacidades anticorrosivas equivalentes a los pigmentos convencionales, tales como el cromato de zinc o fosfato de zinc. Es por ello que se ve como un potencial producto para reemplazar a los pigmentos con-

vencionales y ser usado en las formulaciones de imprimantes epóxicos.

Se tiene como hipótesis planteada, que la interacción del pigmento tanato de zinc con la superficie de acero genera un mecanismo inhibitorio de la corrosión, formando productos insolubles; y que este mecanismo inhibitorio podría ser equivalente o mejor que el que produce con los pigmentos convencionales de cromato de zinc y fosfato de zinc.

Para tal fin, se trabajó con un pigmento tanato de zinc, sintetizado a partir del polvo de tara en estudios anteriores (de características definidas), y que ha tenido buen resultado al ser usado en formulaciones alquídicas. Se han elaborado formulaciones de imprimantes epóxicos usando como pigmentos el tanato de zinc, cromato de zinc y fosfato de zinc; y se han realizado ensayos a los mismos, para comparar su resistencia anticorrosiva.

Para los ensayos físico-mecánicos, se realizaron ensayos de viscosidad, densidad, finura, flexión, entre otros. Mientras que para los ensayos de corrosión, se usaron los ensayos de envejecimiento acelerado en cámara de niebla salina y de dióxido de azufre húmedo.

Tesis dirigida por
Dr. Santiago Flores Merino

Formulación y evaluación de inhibidores de corrosión en pinturas

Luis Alberto Figueroa Ramos
Tesis de MAESTRÍA

El presente trabajo, titulado "FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN EN PINTURAS", tiene como

finalidad evaluar y comparar la protección de imprimantes epóxicos pigmentados con diferentes inhibidores de corrosión, disponibles en el mercado, mediante ensayos de campo y laboratorio.

Asimismo, es estudiado por primera vez el comportamiento inhibitor que puede ofrecer el tanato de hierro cuando es utilizado como pigmento anticorrosivo en una formulación epóxica (imprimante) y evaluado en ensayos de campo en 02 localidades peruanas (Lima y Chimbote).

La presente investigación busca aportar en el conocimiento práctico acerca del uso y aplicaciones de pigmentos inhibidores de la corrosión estudiados en formulaciones epóxicas reales bajo condiciones similares a las de servicio en ensayos de exposición natural y ensayos de corrosión acelerada.

La evaluación general de los resultados de los ensayos de corrosión acelerada y exposición natural nos permiten concluir que tenemos alternativas viables a los pigmentos actualmente utilizados.

Tesis dirigida por
Dr. Santiago Flores Merino

Preparación, caracterización de sensores a base de zeolita, óxidos de estaño y de zinc conformando una nariz electrónica y su aplicación para la diferenciación de piscos peruanos

Jorge Nelson Trevejo Pinedo
Tesis de MAESTRÍA

El Pisco es una de las bebidas más consumidas en el Perú y posee una importancia comercial e histórica, por lo que se encuentra protegida por una Denominación de Origen en el país, que regula su producción. Sin embargo, son

comunes los casos de adulteración y falsificación que dañan su imagen tanto en el mercado nacional como en el extranjero. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una diferenciación de muestras de Pisco peruano de las variedades Acholado, Italia y Quebranta, así como la diferenciación de mezclas de Pisco Quebranta con aguardiente de caña en distintas proporciones, empleando una nariz electrónica constituida por un arreglo de sensores basados en óxidos metálicos (óxido de estaño dopado con platino y óxido de zinc dopado con plata), ambos tipos de sensores con y sin recubrimiento con zeolita-Y. Se postula que las respuestas generadas por cada sensor para los distintos tipos de Pisco analizados son representativas para cada muestra y que permiten su identificación. La caracterización de los materiales preparados se realiza mediante DRX y FTIR. La configuración y recolección de datos de la nariz electrónica se realiza a través del software LabView2018 y se determinan las condiciones óptimas de temperatura, tiempo de sensado, dopaje metálico del sensor y recubrimiento de la zeolita. Las mejores respuestas son obtenidas con los sensores 0,10%Pt/SnO₂; 0,05%Pt/SnO₂//ZY y 0,15%Ag-ZnO. Las respuestas registradas por los sensores son analizadas a través de varios análisis estadísticos clasificatorios tanto no supervisados (PCA, HCA) como supervisados (SVM, RF, KNN) con el objetivo de determinar la capacidad de discriminación de muestras de Pisco por parte de los sensores que conforman la nariz electrónica.

Tesis dirigida por
Dra. Rosario Sun Kou

ELECTROQUÍMICA

Modificación superficial de fieltro de grafito con nanopartículas de magnetita Fe₃O₄ para su uso en un sistema electro-Fenton

Sandy Luz Calderón Zavaleta
Tesis de MAESTRÍA

En este trabajo se fabricó un sistema electro-Fenton para la degradación de contaminantes de tipo aromático presentes en soluciones acuosas y la simultánea generación de energía eléctrica. El sistema consistió en dos compartimientos (ánodo y cátodo) separados por una membrana Nafion. La energía eléctrica fue generada por oxidación anódica de glucosa catalizada con oro. El cátodo se fabricó de fieltro de grafito modificado en su superficie con nanopartículas de magnetita (Fe₃O₄NPs/GF_{oxi}). Las nanopartículas de magnetita se impregnaron sobre el fieltro de grafito mediante el método de autoensamblado capa por capa que emplea cloruro de polidialildimetilamonio (PDDA) como polielectrolito. En el compartimiento anódico, se utilizó fieltro de grafito modificado en su superficie con nanopartículas de oro (AuNPs/GF). Las nanopartículas de oro se depositaron sobre la superficie de este electrodo mediante deposición electrolítica. El sistema electro-Fenton generó una densidad de potencia de 550 mW m⁻² que sirvió como fuente de alimentación para llevar a cabo el proceso de degradación de contaminantes. El sistema condujo a la degradación de 0.35 mmol L⁻¹ de ftalato ácido de potasio (contaminante modelo). Se observó un porcentaje de decaimiento de DQO de 73.7 % durante 23h de tratamiento a pH 3.

Tesis dirigida por
Dr. Maynard Kong Moreno

QUÍMICA ANALÍTICA
Y MEDIO AMBIENTE

Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú

Rubén Eduardo Manrique Muñante
Tesis de MAESTRÍA

Los microplásticos son un importante componente de la acumulación de residuos plásticos a nivel mundial. Por su reducido tamaño (diámetro ≤ 5 mm), son difíciles de remover, funcionan como vectores de contaminantes e interfieren con el metabolismo de especies a lo largo de la cadena trófica. Luego de ser liberados al ambiente acuático, oceánico o fluvial, los microplásticos tienden a acumularse en los sedimentos. Hasta donde se sabe, se han realizado pocos estudios sobre microplásticos en sedimentos en la costa peruana y ninguno en sistemas de agua dulce como ríos, a pesar de ser estos una vía importante de aporte al sistema oceánico. Por esta razón, este trabajo de tesis se enfoca en diseñar una estrategia de monitoreo de microplásticos en sedimentos fluviales, tomando como unidad ambiental de estudio la cuenca baja hasta la desembocadura del río Jequetepeque (región La Libertad, Perú), implementar la metodología de extracción de microplásticos más adecuada, caracterizar los microplásticos aislados, y analizar la distribución espacial de estos contaminantes. La cuenca baja del río Jequetepeque ha sido seleccionada por ser una cuenca altamente intervenida: actividades agropecuarias de la zona, desordenada distribución de centros poblados, y cuya desembocadura se encuentra cerca de sitios de alto valor histórico arqueológico. Los microplásticos fueron identificados por espectroscopía Raman y clasifi-

cados en función de su forma, color y tipo de polímero. Se encontraron 18 ítems, entre fragmentos y películas, compuestos en su mayoría por polietileno y polipropileno. Es muy probable que, dada la ausencia de envejecimiento en la superficie de los microplásticos, formen parte de la categoría de microplásticos secundarios. Se contribuye con un modelo que puede ser fácilmente replicado en otras cuencas del país para levantar la necesaria información sobre microplásticos en los ambientes acuáticos continentales para una gestión ambiental responsable.

Tesis dirigida por
Dra. Nadia Gamboa Fuentes

Evaluación de nanopartículas de plata estabilizadas con ligandos sulfurados como sensores de Hg (II) en muestras de agua

Jorge David Rojas Cardenas
Tesis de MAESTRÍA

El mercurio es uno de los metales pesados más tóxicos que existen y se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente ya que puede ser encontrado en el agua, el aire y el suelo. El mercurio no es biodegradable, por lo que permanece en los diversos ecosistemas y se acumula en diversas especies marinas. El mercurio es ampliamente utilizado en la minería aurífera informal e ilegal en nuestro país, cuyos efluentes son vertidos en los ríos dejando expuesta a la población y el medio ambiente ante este contaminante. Entre las diferentes formas de mercurio, el Hg^{2+} es la forma más común y estable, debido a su gran solubilidad en agua. Debido a la presencia de microorganismos en los sistemas acuáticos, el mercurio inorgánico es convertido en metil mercurio, sustancia altamente tóxica para los organismos vivos.

Comúnmente, para el análisis de mercurio se emplean técnicas como la espectrometría de absorción atómica de llama y la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, que presentan excelentes límites de detección, pero requieren de tiempos largos de preparación de muestra e instrumentación especializada y costosa. Por ello, en los últimos años se han buscado metodologías alternativas para la detección de mercurio. Dentro de los nuevos avances tecnológicos y científicos han surgido investigaciones sobre el uso de nanopartículas de metales nobles (plata y oro) como sensores colorimétricos debido a la banda de resonancia plasmónica de estas nanopartículas que aparece en la región UV-Visible del espectro electromagnético. Este nuevo enfoque se presenta como una alternativa interesante, debido a los bajos costos de producción, su capacidad de brindar una respuesta analítica rápida y confiable, junto con el empleo de una instrumentación más accesible como los espectrofotómetros UV-Vis. Además, este nuevo enfoque permite la adaptación de los nuevos sistemas para poder contar con dispositivos portátiles que permitan realizar mediciones *in situ*.

En el presente trabajo, se han sintetizado AgNPs esféricas y se han caracterizado mediante microscopía electrónica de transmisión y espectrofotometría UV-Vis. Además, se ha implementado y optimizado un protocolo de funcionalización para las AgNPs con los ligandos sulfurados cisteamina y cisteína, con el fin de detectar Hg^{2+} en agua.

Finalmente, se ha optimizado un método colorimétrico de cuantificación de Hg^{2+} en agua empleando las AgNPs funcionalizadas. Para el sensor de AgNPs-CyNH₂, se logró obtener un límite de detección de 108 nM con un tiempo de incubación de 2 min, mientras que

para el sensor de AgNPs-Cy, se obtuvo un límite de detección de 441 nM con un tiempo de incubación de 20 min.

Tesis dirigida por
Dr. Yves Coello De la Puente

SÍNTESIS QUÍMICA

Síntesis y caracterización de un complejo quelato de cobre(II) basado en un ligando del tipo base de Schiff y derivatizado con grupos afines a las placas $\alpha\beta$ -amiloides para establecer un radiomarcador "PET" alternativo en el diagnóstico del Alzheimer (📄)

Augusto Guillermo Huiza Rojas
Tesis de MAESTRÍA

En el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer con tomografía por emisión de positrones (PET), la principal problemática radica en el uso de radioisótopos tradicionales (^{18}F , ^{11}C) los cuales limitan el correcto desempeño de los agentes de imagen PET sobre las placas $\alpha\beta$ -amiloides. El [^{11}C]-PIB, el [^{18}F]-florbetapir y el [^{18}F]-florbetaben representan algunos ejemplos de lo mencionado. Actualmente, los complejos quelatos de radioisótopos de metales de transición prometen ser una tentadora y potencial solución para tal problemática. De este grupo destacan los quelatos radiomarcados con ^{64}Cu y compatibles con las placas $\alpha\beta$. Sin embargo, la gran mayoría de estos casos todavía no son del todo exitosos. Por esta razón, y en base a las nuevas necesidades, se propone un nuevo complejo de cobre(II) basado en un ligando con grupos afines a las placas $\alpha\beta$ -amiloides cuya formación involucra cuatro etapas sintéticas. La formación del nuevo complejo

se basa en la aplicación del efecto template o "plantilla" por parte del cobre(II); de esta manera, se logra producir un producto de alta pureza y con un rendimiento de 92 %. En base a los resultados de la caracterización por espectroscopías FT-IR, UV-VIS y de fluorescencia, y espectrometría ESI-MS, se concluye que el nuevo complejo de cobre(II) presenta una estructura del tipo quelato, cuyo centro metálico es probablemente tetracoordinado, con geometría cuadrada plana dada por los átomos dadores (N,N,O,O) de un ligando tipo base de Schiff simétrico y derivatizado con restos de benzotiazol con potencial capacidad de afinidad sobre las placas $\alpha\beta$ -amiloides. De esta manera y en base a la nueva propuesta química, se podría establecer un futuro radiomarcador "PET" de interés para el diagnóstico del Alzheimer.

Tesis dirigida por
Dra. Paloma Salas Fernández

QUÍMICA VERDE

Alternativa verde para la flotación de minerales sulfurados de cobre mediante el uso de un líquido iónico y reactivos orgánicos naturales (📄)

Rita Alexandra Arana Bautista
Tesis de MAESTRÍA

El uso de los reactivos orgánicos naturales como colectores y/o depresores en la flotación de minerales se han reportado en los últimos años como reemplazo de un colector o depresor usado habitualmente en la flotación mineral, pero no se han usado estos reactivos en una misma flotación ni mucho menos para minerales peruanos. En el presente trabajo se propone la flotación de minerales sulfurados

de cobre de tres minas ubicadas en el Perú, con reactivos orgánicos naturales (almidón, ácidos húmicos y quebracho) como colectores y depresores, además del peróxido de hidrógeno y un líquido iónico considerados como reactivos verdes. Los resultados muestran que los reactivos orgánicos naturales son muy eficientes como colectores y depresores de cobre y hierro respectivamente, resaltando los ácidos húmicos y fúlvicos como colectores respecto al almidón y el líquido iónico. El peróxido de hidrógeno actúa como depresor de pirita respecto al quebracho y almidón. La microflotación verde con el sistema ácidos húmicos y fúlvicos – peróxido de hidrógeno es la más eficiente, su principal ventaja es el alto % recuperación de cobre y la efectiva depresión del hierro como pirita. Además, el uso de estos reactivos tiene un menor impacto ambiental al ser los ácidos húmicos y fúlvicos residuos orgánicos que son descartados de diferentes industrias. Las interacciones existentes entre el mineral y los posibles reactivos de flotación se caracterizan mediante FT - IR y SEM - EDS. En comparación con la flotación convencional y tradicional, este nuevo método no solo evidencia un alto porcentaje de recuperación de cobre y un mínimo % de recuperación de hierro, sino también se clasifica como flotación verde de acuerdo a la Estrella Verde.

Tesis dirigida por
Dra. Patricia Morales Bueno

Desarrollo y validación de una técnica analítica verde para la determinación de diazepam en tabletas mediante cromatografía líquida de alto performance (📄)

Gustavo Adolfo Ruiz Pacco
Tesis de MAESTRÍA

En el presente estudio se diseñó una metodología analítica

rápida y ecoamigable para la cuantificación de diazepam en tabletas por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) basada en el criterio de reemplazo de solventes peligrosos y optimización de los parámetros cromatográficos. La fase móvil resultante está constituida por una mezcla de etanol-agua (70 : 30), la velocidad de flujo de 1 mL/min, longitud de onda de detección de 254 nm y temperatura de horno de 60 °C; la fase estacionaria está compuesta por un soporte de octadecil silano (C18) de 5 µm de diámetro y 250 mm de longitud de

columna. El tiempo de retención del diazepam es de 2,96 minutos y el tiempo de corrida por muestra es de 5 minutos. De acuerdo a los parámetros de validación aplicados, el intervalo de concentración para la detección de este analito se encuentra en el rango de 80 a 120 %, resultando exacto con porcentaje de recuperación mayores al 97 %, preciso con RSD menores al 2 %, selectivo al no presentar interferencias por parte del solvente extractivo y los excipientes, así también robusto al no ser afecto a pequeñas variaciones planteadas. Finalmen-

te, al comparar con el método analítico normalizado de la farmacopea americana, se observa mediante las métricas verdes que el método validado es verde en los 4 parámetros de evaluación del pictograma NEMI y presenta mayor puntaje en la ecoescala analítica, por lo que se constituye en un método analítico con menor impacto al medio ambiente.

Tesis dirigida por
Dra. Patricia Morales Bueno

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.

