

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

QUÍMICA ORGÁNICA
Y DE POLÍMEROS

Obtención de quitosanas con alto grado de desacetilación (📄)

Jimmy Laurence Canepa Ivazeta

Tesis de LICENCIATURA

La quitina es el segundo polisacárido en abundancia en la naturaleza y a partir de ella se obtiene la quitosana, un polielectrolito catiónico cuando se disuelve en soluciones acuosas ácidas que es biodegradable, biocompatible, bacteriostático, antifúngico y tiene la capacidad para formar películas, fibras y matrices porosas ligeras. Así, la quitosana es un polímero natural interesante para aplicaciones en medicina, farmacia, alimentos, cosmética, agricultura, tratamiento de aguas, etc.

La quitina se transforma en quitosana por medio de la desacetilación. El grado de desacetilación (DDA) indica la cantidad total de grupos acetamida convertidos en amina, lo que determina directamente sus propiedades (como solubilidad, basicidad, adsorción, entre otras), funcionalidad y, por tanto, las aplicaciones del polímero.

En primer lugar, se desacetiló quitina (sólida y disuelta en base a baja temperatura) por calentamiento convencional y con microondas. En el primer método se evaluó el tiempo de reacción (entre 0,5 y 5 h), y en el segundo, el número de ciclos de reacción sin variar el tiempo neto de irradiación (10 min).

En segundo lugar, se desacetiló quitosana por el método convencional cambiando la concentración de la base. Además, se realizó la desacetila-

ción con microondas, con la variable del número de ciclos de irradiación, cada uno de 1,5 min.

Finalmente, se compararon los métodos entre sí. Los resultados fueron evaluados en función al DDA, analizado por espectrometría infrarroja (FT-IR) y espectroscopia de resonancia magnética nuclear de protón (¹H-RMN), y al peso molecular, cuantificado por cromatografía de permeación de gel (GPC) y viscosimetría capilar. En general, todos los resultados muestran que se produce la degradación del polímero durante la desacetilación. Sin embargo, los métodos con microondas y de quitina alcalina no son tan agresivos como el método convencional, de manera que reducen el rompimiento de las cadenas. Se logró obtener quitosanas totalmente desacetiladas (>99% DDA) y con relativamente alto peso molecular (>700 kDa).

Tesis dirigida por el
Dr. Javier Nakamatsu Kuniyoshi

Formación y caracterización de partículas de quitosana y alginato para encapsulamiento de agentes antioxidantes (📄)

Diego Andrés Córdova Mariño

Tesis de LICENCIATURA

Existen diversos tipos de biopolímeros presentes en la naturaleza que por lo general son biocompatibles y biodegradables como es el caso del alginato de sodio. Algunos incluso presentan propiedades antibacterianas como la quitosana que proviene de la quitina, presente en el exoesqueleto de los crustáceos e insectos. Asimismo, existen productos naturales que, por su composición química, presentan

propiedades antioxidantes, por ejemplo, el aceite de oliva o el aceite de sacha inchi. Este último proviene de las semillas del fruto del sacha inchi autóctono de la región amazónica en Sudamérica.

Por otro lado, se sabe que la microencapsulación es un proceso mediante el cual un gas, líquido o material sólido se rodea y queda encerrado por una pared polimérica porosa que contiene una sustancia activa y de esta forma se protege y se aísla del entorno para, posteriormente, liberarlo según sea necesario. El presente trabajo estudió la formación de microcápsulas de quitosana y alginato para encapsular compuestos antioxidantes provenientes de distintos tipos de aceites como el de soya, de oliva y de sacha inchi.

Se formaron emulsiones de cada aceite a analizar y se varió la cantidad de surfactante. Se estudió la estabilidad de las emulsiones por un periodo de un mes. Luego, se caracterizaron por medio de la técnica ATR-FTIR. Posteriormente, se analizó la eficiencia de la encapsulación y su liberación con respecto al tiempo. Por último, se analizó la actividad antioxidante que presentaban los aceites, los polímeros y las microcápsulas por medio de una técnica de transferencia de electrones (ABTS).

Tesis dirigida por el
Dr. Javier Nakamatsu Kuniyoshi

Síntesis de hidrogeles interpenetrados sensibles al pH y a la temperatura basados en N-isopropilacrilamida y 2-Oxazolininas (📄)

Joel Claudio Rengifo Maravi

Tesis de MAESTRÍA

La presente tesis trata sobre la

síntesis y caracterización de los hidrogeles interpenetrados (IPN) sensibles a la temperatura y al pH, compuestos por una primera red polimérica basada en N-isopropilacrilamida (NiPAAm) (termosensible) y una segunda red polimérica basada en macromonomero de 2-oxazolona y acrilamida (sensible al pH). Estos hidrogeles IPN se sintetizan en tres etapas. Primeramente, se sintetiza el hidrogel de NiPAAm por polimerización radicalaria de una solución acuosa de NiPAAm en presencia de la N,N'-metil-bisacrilamida (BIS) como agente entrecruzante. Después se sintetiza la segunda red polimérica mediante una polimerización radicalaria de la acrilamida y un macromonomero de 2-oxazolona (MM), el cual es un copolímero estadístico de 2-metil-2-oxazolona (MeOXA) y 2-carboxietil-2-oxazolona (EsterOXA), en presencia de la primera red polimérica de NiPAAm. Finalmente, se realiza la hidrólisis básica de los grupos ésteres presentes en el hidrogel IPN. Se caracteriza al hidrogel IPN por diferentes métodos. La absorción de agua y la sensibilidad del hidrogel IPN a diferentes pH y temperaturas se determina mediante el peso de los hidrogeles en diferentes condiciones. La caracterización estructural se realiza por espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) mediante la técnica de reflectancia total atenuada (ATR) y por resonancia magnética nuclear de protón ($^1\text{H-RMN}$) en el modo de alta resolución con ángulo mágico (HR-MAS). Su comportamiento mecánico se estudia mediante el análisis mecánico dinámico de compresión (AMC). La caracterización estructural demuestra la formación del hidrogel IPN. La sensibilidad a la temperatura del hidrogel IPN se debe a la presencia del PoliNiPAAm, conforme aumenta la cantidad molar del NiPAAm, disminuye la temperatura de transición conformacional, aumentando la contracción del hidrogel. Mientras que la sensibilidad al pH del hidrogel IPN se debe a la presencia de los grupos carboxilatos de la segunda red polimérica, el hidrogel

a pH bajos se contrae y a pH altos se expande.

Tesis dirigida por el
Dr. Juan Carlos Rueda Sánchez

CIENCIAS ANALÍTICAS APLICADAS A PRODUCTOS NATURALES

Desarrollo de un método alternativo para la detección de ocratoxina A mediante el uso de nanovarillas de oro funcionalizadas con aptámeros

Luis Jair Ayala Correa
Tesis de LICENCIATURA

Una de las principales causas de contaminación de los alimentos se encuentra ligada a la presencia de hongos y a la producción de toxinas por parte de estos, mayormente denominadas micotoxinas. Una de las más peligrosas es la ocratoxina A (OTA), la cual debido a su alta toxicidad en el organismo ha generado que se establezcan niveles máximos permisibles de consumo por parte de instituciones internacionales. En la actualidad, existen diversas metodologías que permiten la detección de esta toxina. Sin embargo, no es fácil acceder a ellas pues requieren de personal capacitado, equipos costosos y una alta demanda de tiempo. Este trabajo plantea el desarrollo de un biosensor a base de nanovarillas de oro y aptámeros como una alternativa en la detección de OTA, que sea más accesible que los métodos convencionales. En primer lugar, se realizó la síntesis de las nanovarillas de oro empleando el método de semillas reportado por Ratto y colaboradores. De esta forma se obtuvo varillas de aproximadamente 54 nm x 17 nm; las cuales fueron caracterizadas mediante espectroscopia UV-Vis-NIR y microscopía electrónica de transmisión. En segundo lugar, se implementó el

proceso de funcionalización de las nanovarillas de oro para el desarrollo del biosensor. Se optimizó el número de centrifugaciones y la concentración del aptámero, y se utilizó como molécula de relleno al 2-mercaptoetanol. En estas etapas, se monitoreó el desplazamiento y el ancho de la banda plasmónica mediante UV-Vis-NIR y los cambios en los espectros Raman para determinar las mejores condiciones de funcionalización. En tercer lugar, se evaluó el desempeño del sensor con diferentes concentraciones de la toxina (0, 0.25, 0.5, 2, 4 μM) por medio de espectroscopia UV-Vis-NIR y espectroscopia Raman. Con esta última, se identificó las señales vibracionales características tanto del aptámero como del 2-mercaptoetanol. Finalmente, se empleó el método de calibración multivariante de mínimos cuadrados parciales para construir un modelo de cuantificación de OTA a partir de los espectros obtenidos. Se concluye que mediante espectroscopia Raman es posible discernir hasta 0.25 μM (100 ppb) de la toxina; mientras que por espectroscopia UV-Vis-NIR, solo es posible diferenciar a partir de 2 μM (800 ppb).

Tesis dirigida por la
Dra. Betty Galarreta Asian

Metabolismo de ácidos grasos en Maca (*Lepidium meyenii*) durante el secado en horno

Alma Zuri Ríos Zúñiga
Tesis de MAESTRÍA

El estudio de *Lepidium meyenii* (maca), una planta de uso ancestral en los Andes peruanos, ha revelado moléculas de interés por su actividad biológica y un importante valor nutricional. Desde el descubrimiento del papel del tratamiento post cosecha de maca en la formación de las macamidias (metabolitos bioactivos), se conducen nuevas investigaciones para desarrollar un procesamiento que resulte en un producto

más estandarizado. En este estudio se intenta caracterizar el metabolismo de los ácidos grasos asociado al proceso post cosecha de maca como parte de la compleja serie de reacciones involucrada en la formación de amidas, en la búsqueda de estrategias para la obtención de un producto (maca seca) con una composición estandarizada. Con este fin se evalúa los efectos de la temperatura de secado sobre el catabolismo de lípidos de reserva, a través de la cuantificación de ácidos grasos, bencilamina y macamidas, y se encuentra que la liberación de ácidos grasos, a partir de lípidos de reserva, depende primariamente del contenido residual de agua en los tejidos y no de la acción de la temperatura. Las relaciones molares entre ácidos grasos libres y bencilamina no muestran una correlación con la tasa de formación de macamidas. Se observa que los ácidos grasos oxidados generados tienen oxidaciones exclusivamente en el carbono 12 y se evalúa adicionalmente la cinética de oxidación de ácidos grasos encontrándose que las oxidaciones pueden alcanzar mayor proporción a 25°C y menores tasas de velocidad de secado. De los parámetros de secado evaluados se concluye que la temperatura y humedad pueden emplearse para controlar las oxidaciones de ácidos grasos, sin embargo la tasa de formación de macamidas muestra ser independiente de las temperaturas y condiciones de secado evaluadas.

Tesis dirigida por el
Dr. Eric Cosio Caravasi

Estudio fitoquímico del aceite y del extracto metanólico hidrofílico de las semillas de *Lúcuma (Pouteria lucuma)* procedentes de Chilca, Cañete (E)

Pedro Alonso Guerrero Castillo
Tesis de MAESTRÍA

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición del

aceite y del extracto metanólico hidrofílico de las semillas de *lúcuma (Pouteria lucuma)*, las cuales son generadas como residuos agroindustriales. Estas provienen del distrito de Chilca (ubicado en la provincia de Cañete, a 62 km de Lima), cedidas por la heladería OVNI. La metodología consiste en la obtención del extracto metanólico hidrofílico y del aceite, el primero proviene de la maceración de la semilla con metanol y remoción de la parte lipofílica con hexano, mientras que el aceite es resultado de la separación con hexano a los extractos generados por maceración con metanol y acetona de forma secuencial y por extracción con equipo Soxhlet al residuo final con hexano. Así, metabolitos como ácidos grasos libres, ácidos grasos esterificados, triterpenos lineales, triterpenos esteroidales y no esteroidales, entre otros, son identificados en las tres fracciones que comprende el aceite mediante GC-MS y se registra $851,49 \pm 1,29$ mg de β -sitosterol y $75,42 \pm 1,02$ mg de estigmasterol por cada 100 g de aceite. Mientras que con el GC-FID y estándares de FAMES se reporta la presencia de los ácidos oleico, palmítico, esteárico y (9E)-octadecenoico, quienes conforman el 30 % del aceite. El contenido de fenoles totales es de $1130,63 \pm 11,89$ mg EAG/100 g de semilla seca y de flavonoides totales de $661,23 \pm 4,73$ mg quercetina/100 g de semilla seca en el extracto metanólico hidrofílico. Mediante UHPLC-ESI-MS/MS, se reporta que metabolitos como aminoácidos, ácidos orgánicos, ácido gálico, una amplia gama de flavonoides, entre otros, están contenidos en el mismo extracto y con empleo del reactivo DPPH se registra que este posee una concentración inhibitoria media (IC50) a $41 \mu\text{g} / \text{mL}$. En base a los resultados se concluye que este residuo agroindustrial posee un valor agregado por explorar.

Tesis dirigida por la
Dra. Juana Robles Caycho

Estudio químico del extracto metanólico del líquen *Stereocaulon glareosum (Sav.) H. Magn.* (E)


Erika Lizeth Milagros Calla Quispe
Tesis de MAESTRÍA

Una fuente potencial de compuestos biológicamente activos son los líquenes, debido a que producen más de 800 metabolitos secundarios exclusivos de ellos. Dentro de su diversidad podemos mencionar al género *Stereocaulon*, el cual está distribuido alrededor del mundo y se cuenta con aproximadamente 130 especies. El *Stereocaulon glareosum* presenta un talo dimórfico, en su mayoría crecen en regiones montañosas. Se han realizado estudios de esta especie enfocados al tema botánico y relaciones filogenéticas del género *Stereocaulon*; sin embargo, no se ha reportado ningún estudio científico acerca de la composición química de esta especie. En el presente trabajo se realiza el estudio químico del extracto metanólico del líquen *Stereocaulon glareosum (Sav.) H. Magn.*, recolectado en el Departamento de Junín, Provincia de Huancayo, camino al Nevado de Huaytapallana. El estudio comienza con el análisis cualitativo para determinar metabolitos y compuestos liquénicos presentes. Asimismo, se realiza el perfil metabolómico del extracto metanólico del líquen en modo negativo mediante UHPLC-ESI-Q-Orbitrap-MS-MS, de este modo se identifican por primera vez 36 compuestos entre aromáticos, dépsidos, depsidonas, difeniléteres, dibenzofuranos, lípidos y polioles y otros 12 se proponen en base a sus espectros característicos UV-vis y ESI-MS-MS. Además, se identifican 16 ácidos grasos como metilésteres mediante el uso de GC-FID al comparar los tiempos de retención obtenidos de los estándares. Por otro lado, el estudio químico permite aislar 9 compuestos, que se someten a procesos de separación y purificación por cromatografía en columna y/o cristalización. Estos son haematomato de metilo, ácido 2,4-dimetoxi-6-pentilben-

zoico, ácido 2,4-dimetoxi-6-propilbenzoico, β - orcinol carboxilato de metilo, orselinato de metilo, atranorina, ácido lobárico, brasicasterol y ácido glucónico; cuyas estructuras se determinan en base a análisis espectroscópicos en comparación con referencias citadas. Finalmente, se realiza el análisis cuantitativo de ácido úsnico mediante la técnica de espectrofotometría UVVisible, que evidencia un contenido de 0,52 % de (+)-ácido úsnico.

Tesis dirigida por la
Dra. Juana Robles Caycho

CIENCIAS ANALÍTICAS
APLICADAS A MATERIALES
DE PATRIMONIO CULTURAL

Análisis químico de una obra de arte colonial en el Perú del siglo XVI con posible atribución a Bernardo Bitti 

Jhonatan Javier Arízaga Torres
Tesis de LICENCIATURA

El objeto de estudio de esta investigación fue una pintura sobre tabla titulada “El Señor de la Caída”, la cual forma parte del vasto patrimonio cultural del Perú. La pintura, propiedad de la iglesia San Pedro de Lima, es anónima, pero podría pertenecer a Bernardo Bitti, quien fue un artista de gran importancia en el proceso de evangelización del Perú y países vecinos a finales del siglo XVI.

Se trabajó en la caracterización química de los materiales presentes en la obra mencionada. Por la naturaleza del objeto en estudio, estos análisis químicos tuvieron que ser no invasivos o microdestructivos.


En una primera fase del estu-

dio, se realizaron análisis in situ de la obra, usando fluorescencia de rayos X como técnica elemental y espectroscopía Raman como técnica molecular. Posteriormente, se tomaron radiografías de transmisión y fotografías de reflectancia infrarroja para investigar posibles detalles o esbozos ocultos a la vista.

En base a la información obtenida, se tomaron micromuestras de zonas de la obra que requerían un estudio más detallado. Estas muestras fueron analizadas mediante diferentes técnicas. Se caracterizaron los pigmentos inorgánicos y el material de la base de preparación mediante microespectroscopía Raman y microscopía electrónica de barrido. Por otro lado, se analizaron los aglutinantes y resinas utilizados en la obra mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), se identificó una laca orgánica mediante espectrometría de masas con ionización MALDI (MALDI-MS) y se propuso la presencia de material proteico a partir de los resultados de una tinción con Ponceau S.

Los materiales identificados en la obra concuerdan con aquellos que se esperarían en una pintura sobre tabla del siglo XVI. En base al estilo de los personajes representados en la obra, es posible que más de un autor haya estado involucrado en su creación. No se puede determinar, sólo a partir de este estudio, si el artista principal fue Bernardo Bitti o algún contemporáneo a él, pero sí es un punto de inicio importante para poder investigar y entender mejor la técnica del autor (o autores) de la obra.

Tesis dirigida por la
Dra. Patricia Gonzales Gil

Estudio cronológico de la composición química de monedas de sol de plata acuñadas entre 1863 y 1917 por medio de fluorescencia de rayos X portátil 

Marvin Kevin Sarango Ramírez
Tesis de MAESTRÍA

El presente estudio se encuentra enmarcado dentro del proyecto “Primer estudio cronológico de la composición química de las aleaciones de plata usadas en la elaboración de monedas de Sol que circularon en el Perú entre 1863 y 1935”, financiado por la DGI-PUCP, que tiene como finalidad determinar si la composición química de las monedas de sol de plata acuñadas entre 1863 y 1935 siguieron las leyes establecidas. El objetivo principal de esta tesis consiste en cuantificar el contenido de plata de un grupo de monedas de sol acuñadas entre 1863 y 1917 y determinar si existe alguna correlación entre el contenido de plata hallado y el contexto histórico en el que fueron emitidas las monedas. Para llevar a cabo la cuantificación se analizaron 271 monedas de sol por medio de un equipo de fluorescencia de rayos X portátil y se utilizó una curva de calibración determinada por un método de coeficientes de influencia empíricos. La caracterización de las monedas se amplió usando cristalografía de rayos X, lo que permitió un mejor estudio de la superficie. Se observa que la mayor parte de las monedas analizadas tiene un contenido de plata superior al dictado por la norma de acuñación y no parece haber ningún cambio resaltable en la composición de las mismas en todo el periodo histórico señalado. Asimismo, se encuentra que hay numerosas monedas con mercurio, lo que puede estar relacionado al tipo de refinación de la plata de la época. El análisis superficial muestra la presencia de compuestos de plata y cobre debidos a la corrosión superficial que son fácilmente removidos al limpiarse las monedas y esto altera la composición medida de plata y cobre

(aumenta el contenido aparente de plata y disminuye el de cobre).

Tesis dirigida por el
Dr. Luis Ortega San Martín

Determinación del alcance de la pXRF como técnica de análisis en estudios de procedencia de vasijas de cerámica: el caso de Puerto Nuevo y las redes de intercambio del Horizonte Temprano en los Andes Centrales (📄)

Juan Pablo Medina Jurado

Tesis de MAESTRÍA

El presente trabajo de tesis se encuentra enmarcado dentro del proyecto multidisciplinario “Redes de intercambio marítimas y terrestres a larga distancia de vasijas de cerámica de prestigio en los Andes centrales durante el primer milenio antes de nuestra era: Un enfoque interdisciplinario”. El objetivo principal de esta tesis es determinar el alcance de la fluorescencia de rayos X portátil (pXRF) como técnica de análisis que permita discriminar entre grupos y su posible procedencia, de cerámicas encontradas en el sitio arqueológico de Puerto Nuevo. Para lograr lo anterior, se han estudiado 119 fragmentos de cerámica recogidos de la zona de excavación de Puerto Nuevo, además de 30 azulejos de control preparados a partir de material arcilloso recabado de diferentes zonas aledañas a la excavación. El análisis químico de estos grupos de piezas se realizó mediante pXRF con el fin de obtener la información composicional expresada como las áreas netas bajos los picos (NPA). A partir de esta información, mediante análisis de componentes principales y análisis de clúster, se construyeron los grupos composicionales. Se han encontrado 4 grupos composicionales y 2 casos extraños, los que, al ser comparados con el material arcilloso de control por medio de análisis discriminante, muestran que los fragmentos de cerámica podrían ser

en su mayoría de origen local. Además, los grupos construidos mediante pXRF fueron contrastados con los grupos encontrados por medio de análisis petrográfico, y se observó una buena correlación entre los resultados de ambos enfoques. Finalmente, se ha determinado que la pXRF, empleada junto a un análisis estadístico adecuado, ha demostrado resultados lo suficientemente buenos como para constituir a la pXRF en una alternativa para estudios de este tipo.

Tesis dirigida por el
Dr. Luis Ortega San Martín

Empleo de técnicas no invasivas y microdestruictivas para la caracterización química de dos lienzos de la Capilla San Francisco de Borja (iglesia San Pedro de Lima) (📄)

Rafael Alonso Valencia Fajardo

Tesis de MAESTRÍA

En diferentes partes del país existe una gran cantidad de objetos de nuestro patrimonio cultural, pertenecientes a la época colonial. Especialmente las iglesias cuentan con una amplia diversidad de ellos, entre los que destacan las pinturas, pero que por causas naturales y humanas se van deteriorando. Para recuperar su estado inicial se necesita realizar labores de restauración y conservación.

El conocimiento de los materiales utilizados en las pinturas a restaurar (y posteriormente a conservar) puede ser de gran ayuda para el trabajo de los profesionales que realizan estas tareas. Además, la información obtenida es de importancia para complementar la documentación histórica de estas obras y para su puesta en valor. Ante ello surge como propuesta la aplicación del análisis químico como una herramienta para obtener la información mencionada.

El presente estudio aborda el

análisis de las obras “Asedio en Pamplona” y “San Ignacio recibe al Duque de Gandía”, pertenecientes a la Compañía de Jesús, Comunidad de San Pedro de Lima. El objetivo principal es conocer la conformación pictórica de las obras, los materiales y las técnicas utilizadas por el artista, todo ello mediante el uso de técnicas no invasivas y microdestruictivas. El proceso de investigación consta de tres etapas, que comprenden la examinación visual de las obras, la toma y preparación de muestras y el análisis mediante el uso de diversas técnicas: fluorescencia de rayos X, microscopía óptica, microespectroscopía Raman, microscopía electrónica de barrido, cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y reflectografía infrarroja.

En base a los resultados se determina que las dos pinturas contienen materiales que fueron utilizados típicamente en pintura colonial. Además, cuentan con muchas similitudes en cuanto a los materiales utilizados (pigmentos, aglutinantes, barnices), como también en la técnica (esbozos, forma de mezclar los pigmentos, presencia de capas múltiples, el formato de las obras, por ejemplo) y por ello existe la posibilidad de que ambas pertenezcan al mismo autor.

Tesis dirigida por la
Dra. Patricia Gonzales Gil

CIENCIA DE MATERIALES APLICADA A MEDIO AMBIENTE

Degradación de ácido palmítico en medio acuoso mediante el uso de filtros de grafito modificados (📄)

Ángel Giuliano Castro Angulo

Tesis de MAESTRÍA

En el presente trabajo de tesis se degrada ácido palmítico median-

te peroxicoagulación. Como primera etapa del trabajo de investigación se preparan los electrodos mediante la electrodeposición de hierro en fieltro de grafito. Para ello se utiliza la sal de Mohr como electrólito precursor en medio ácido. En la segunda etapa se electrogenera peróxido de hidrógeno a diferentes densidades de corriente mediante una celda electrolítica compuesta por un electrodo de fieltro recubierto con hierro como cátodo, y un electrodo del fieltro sin modificar como ánodo. Se introduce oxígeno medicinal en el cátodo para ayudar a la electro-generación del peróxido de hidrógeno. Se mide las concentraciones de peróxido de hidrógeno por permanganometría y se determina que son afectadas por la densidad de corriente aplicada. En la tercera etapa del trabajo se realiza la degradación del ácido graso en forma de emulsión a diferentes densidades de corriente. La degradación se cuantifica mediante la medición de turbidez y DQO. En la degradación del ácido graso se logra reducir la DQO en algunos casos desde 654,83 mg O₂/L hasta 28,87 mg O₂/L, y en el caso de la turbidez se reduce desde 88 NTU hasta 1,93 NTU.

Se caracteriza microscópicamente por SEM-EDS el fieltro de grafito recubierto con hierro. Mediante espectroscopía de absorción atómica, se logra cuantificar tanto la cantidad de hierro depositada sobre el fieltro grafito, así como la que se desprende de este fieltro. Por voltametría cíclica se muestra la capacidad de este electrodo de generar irreversiblemente peróxido de hidrógeno. Por difracción de rayos X se determina la estructura interna del recubrimiento depositado en el fieltro de grafito.

Tesis dirigida por el
Dr. Maynard Kong Moreno

Estudio de la adsorción de fenol, 4-nitrofenol y 4-clorofenol utilizando carbón activado modificado con cobre (☞)

Edwin Javier Aylas Orejón

Tesis de MAESTRÍA

El presente trabajo se centró en la síntesis y la caracterización de carbón activado modificado con cobre con el propósito de a) potenciar las propiedades del carbón como material adsorbente de compuestos fenólicos: fenol, 4-nitrofenol y 4-clorofenol, b) evidenciar la propiedad bacteriostática del carbón modificado con cobre en contacto con las cepas de *Escherichia coli*. Se utilizaron como precursor semillas de aguaje (*Mauritia Fleuxuosa* L.f.), que es un material lignocelulósico, abundante y renovable.

Se estudió el efecto de la funcionalización ácida del carbón activado variando la concentración del ácido, temperatura y tiempo de contacto, y analizando su efecto en el cobre incorporado en la superficie del carbón. Los resultados mostraron una disminución en la capacidad de adsorción del carbón funcionalizado y modificado con cobre.

Se realizó el estudio de la capacidad adsorptiva del carbón impregnado con Cu sin la funcionalización ácida considerando los siguientes aspectos:

a) La influencia de la cantidad de Cu incorporado, pH de la solución y temperatura de reducción. Los resultados mostraron un aumento en la capacidad de adsorción del 4-nitrofenol, una reducción con el fenol y ninguna variación con el 4-clorofenol.

b) La quimisorción de los compuestos fenólicos en presencia de oxígeno molecular (O₂). Se obtuvo como resultado un incremento en la capacidad de adsorción del fenol y una reducción del 4-clorofenol y 4-nitrofenol.

c) La evaluación de la propiedad bacteriostática del carbón modificado con cobre mostró la inactivación de las cepas de *Escherichia coli* puestas en contacto.

d) El estudio cinético y en condiciones de equilibrio para evaluar el efecto del tiempo de equilibrio, pH de la solución, relación masa de carbón/volumen de solución y temperatura de adsorción. Los resultados experimentales se correlacionaron con los modelos cinéticos y de isotermas. Como resultado final se determinó el proceso de adsorción de los compuestos fenólicos estudiados.

Tesis dirigida por la
Dra. María del Rosario Sun Kou

QUÍMICA ANALÍTICA Y MEDIO AMBIENTE

Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú (☞)

Miguel Augusto Mendoza Fuentes

Tesis de MAESTRÍA

Sacsamarca, región Ayacucho, es un distrito de extrema pobreza, con deficiencias en la vigilancia de la calidad de aguas. Su población manifiesta genuino interés ante la frecuencia de enfermedades estomacales y por el inadecuado tratamiento de sus aguas residuales. El objetivo de la presente investigación es evaluar la calidad del agua superficial empleada para consumo humano en este centro poblado, a través de algunos indicadores fisicoquímicos, relacionando la gestión del agua y la comprensión del ciclo hidrológico. El monitoreo de calidad de agua se realiza en junio y setiembre del 2017, y se establecen ocho estaciones de muestreo -dispuestas en el río Caracha, reservo-

rio y efluente de la poza de tratamiento del pueblo, puquial y laguna Uerpococha- para mediciones in situ y toma de muestras. Los parámetros medidos en campo son temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y pH; en laboratorio se analizan demanda química de oxígeno, sólidos totales, fosfatos, nitratos, sulfatos, y metales totales (arsénico, cadmio, calcio, cobre, hierro, magnesio, mercurio, plomo, potasio, sodio y zinc). Se aplican técnicas estandarizadas volumétricas, gravimétricas e instrumentales, como espectroscopias UV-Visible y de absorción atómica. Los resultados indican que todos los parámetros estudiados no sobrepasan los límites correspondientes establecidos, con excepción de fosfatos (1,51 ppm) en el puquial, y arsénico (0,13 ppm) en el río Caracha. Finalmente, se aplica el marco DPSIR que es un enfoque que integra las características ambientales y sociales y permite ubicar los valores fisicoquímicos hallados en el sistema hidrosocial de Sacsamarca. El resultado de este marco resulta en ausencia de vigilancia de las aguas superficiales y la falta de coordinación con instancias institucionales superiores para revertir los altos niveles de arsénico en el río Caracha.

Tesis dirigida por la
Dra. Nadia Gamboa Fuentes

QUÍMICA DE MATERIALES

Verificación teórica y experimental de las monocapas auto-ensambladas de bromoalquilo en superficies hidrogenadas de Si(100)

Yris del Pilar Obregón Rodríguez

Tesis de MAESTRÍA

La formación de monocapas orgánicas auto-ensambladas en superficie de silicio es una alternativa prometedora para el desarrollo de nuevos materiales, cuyas propiedades fisicoquímicas controlan la estructura electrónica, de manera que puedan ser usados como componentes electrónicos en biosensores, diodos orgánicos, dispositivos de almacenamiento de memoria, fotodetectores y sensores ópticos, entre otras aplicaciones diversas. Gracias a la gran estabilidad energética en los enlaces covalentes de Si-C, se logra verificar mediante modelos teóricos la predicción de los ángulos de contacto de la adsorción sobre monocapas de compuestos orgánicos en superficies hidrogenadas de Si(100). Para ello se procede experimentalmente a la hidrosililación del óxido natural de la superficie de Si(100), seguida de las respectivas adiciones térmicas de 10-bromo-1-deceno y 11-bromo-1-undeceno.

Tanto en la estructura del óxido natural, en el caso de la hidrosililación, como en ambas alquilaciones, las superficies obtenidas fueron estudiadas mediante microscopía de fuerza atómica y medición del ángulo de contacto. Las imágenes por microscopía muestran la aparición de estructuras morfológicamente diferenciadas entre las superficies de SiO₂, Si-H, Si-C₁₀H₂₀-Br y Si-C₁₁H₂₂-Br. El análisis del ángulo de contacto experimental entre las muestras ya mencionadas registra ángulos menores a 10,0° para una superficie de SiO₂, ángulos mayores a 90,0° para superficies de Si-H (pasivadas), y ángulos entre 70,0°-80,0° para las monocapas alquílicas depositadas. Los resultados experimentales obtenidos mediante mediciones del ángulo de contacto guardan una buena correlación con aquellos obtenidos teóricamente mediante el método de Young y el método Fowkes, los cuales se basan en la distribución de fuerzas intermoleculares presentes en cada superficie tratada. En conclusión, el análisis mediante estos métodos teóricos constituye una herramienta útil para comprobar la formación de las monocapas de haluros de alquilo sobre superficies de silicio, complementándose muy bien con la observación experimental mediante microscopía y medición del ángulo de contacto.

Tesis dirigida por el
Dr. Maynard Kong Moreno

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.

