

A continuación se muestra el resumen de las tesis de licenciatura y maestría presentadas hasta septiembre de 2016 en la Sección Química de la PUCP.

**ÁREA DE QUÍMICA  
ORGÁNICA**

**Perfil metabolómico mediante Resonancia Magnética Nuclear de la cochinilla (*D. coccus Costa*) peruana.**

**Rodrigo Cabrera Allpas**  
Tesis de LICENCIATURA  
(Marzo de 2016)

El Perú es el principal productor y exportador en el mundo de la cochinilla en grana. Éste es un material de exportación de gran importancia a nivel mundial debido a que gran parte de su composición se basa en el ácido carmínico, pigmento natural usado como un colorante de color rojo en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

La calidad de la grana depende de la cantidad del ácido carmínico presente en el extracto en relación con el resto de compuestos extraídos durante su procesamiento. Por lo general, las técnicas usadas para la cuantificación del ácido carmínico se basan en espectroscopía de absorción de luz por sí sola o como método de detección en un método separativo como la cromatografía líquida.

Dado que la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) ha demostrado un gran potencial en el análisis de mezclas complejas, en esta investigación se plantea implementar una metodología basada en RMN mono- y bi-dimensional para identificar los metabolitos que conforman el extracto acuoso de la cochinilla. Se empleará métodos cuantitativos para asignar a los metabolitos minoritarios. La identidad de los metabolitos encontrados se confirmará mediante espectrometría de masas (ESI-MS).

Tesis dirigida por la Dra.  
Helena Maruenda Castillo

**Synthesis of 1-(furan-3-yl)-8a-methyl-1,7,8,8a-tetrahydro-3H-isochromen-3-one**

**James Miguel Cabrera Guevara**  
Tesis de LICENCIATURA  
(Junio de 2014)

Neurological disorders are diseases of the nervous system and constitute around 12% of total deaths in the world. Recently, the scientific community has begun investigating glutamate-induced neurotoxicity as one of the main causes of neurodegeneration in many neurological diseases, such as Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and Epilepsy.

Glutamate is the principal excitatory neurotransmitter in the nervous system and allows normal brain function at normal levels (5 mM, 1  $\mu$ M and 2-3 mM in neurons, cerebrospinal fluid and astrocytes, respectively). However, at concentrations higher than 1  $\mu$ M in the cerebrospinal fluid, glutamate is neurotoxic and it is probably the major contributor to neuronal dysfunction and neuronal death.

This work involves the synthesis of 1-(furan-3-yl)-8a-methyl-1,7,8,8a-tetrahydro-3H-isochromen-3-one, which is an intermediate in a synthetic route proposed, by Newhouse Group at Yale University, for a known neuroactive natural product. It has been shown that this and other similar molecules prevent glutamate-induced neurotoxicity by decreasing the production of reactive oxygen species (ROS) and preserving the mitochondrial membrane potential.

The synthesis of this intermediate will be achieved through a sequence of different reactions, such as: methylation, aldol condensations, acetylation and intramolecular aldol reactions. The structures of all the compounds will be elucidated using Nuclear Magnetic Res-

onance (NMR).

Tesis dirigida por la Dra.  
Helena Maruenda Castillo

**Comparación del perfil de ácidos grasos (ESI-MS y RMN) y el contenido de metilxantinas (HPLC-DAD) en granos de Theobroma cacao de siete regiones del Perú.**

**Nieves María Flores March**  
Tesis de MAESTRÍA  
(Febrero de 2014)

Perú hoy en día es el segundo productor de cacao orgánico del mundo. Los granos de cacao peruano y productos derivados son muy cotizados a nivel mundial, sobretudo la variedad criollo, pues esta se encuentra catalogada como cacao fino y de aroma. Los biomarcadores más importantes asociados con sabor, aroma y textura del cacao son la teobromina, la cafeína y ácidos grasos diversos.

En este trabajo, financiado por el CONCYTEC (FONDECYT-012-2013) y la PUCP (DGI-2013-0075) se ha implementado curvas de calibración HPLC-DAD para cuantificar teobromina y cafeína en 15 muestras de cacao pertenecientes a las variedades criollo y trinitario provenientes de 7 departamentos del Perú. Se determinó la razón teobromina/cafeína y se la relacionó con origen siguiendo lo sugerido en la literatura. La metodología HPLC-DAD y LC-MS implementada permitió confirmar la presencia de compuestos comúnmente presentes en el cacao (ácido cinámico, ácido protocatéuico, aspartato de ácido cafeico, catequina, aspartato de ácido cumárico, procianidina B, deoxiclovamida, epicatequina, procianidina C, pentámero de catequina y clovamida).

Además, en este trabajo se

presenta un estudio de análisis de masas tándem-inyección directa-electrospray para la identificación de ácidos grasos en la manteca de cacao de las 15 muestras bajo estudio. Cabe resaltar que este tipo de estudio es el primero que se reporta en la literatura del cacao. Se confirma la presencia mediante masas tándem de los 10 ácidos grasos mayoritarios dentro de las 15 muestras.

El perfil metabolómico basado en espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) del extracto metanólico del cacao y de la manteca también se reporta. Se comprueba la presencia de varios de los compuestos arriba listados, así como también ácidos orgánicos y aminoácidos diversos. Se registra el porcentaje de grasas saturadas, insaturadas, mono-insaturadas, poli-insaturadas, así como también, el ácido linoleico (C18:2) y el ácido linoléico (C18:3), calculados todos en base al perfil de  $^1\text{H}$ -RMN del extracto apolar.

Tesis dirigida por la  
Dra. Helena Maruenda Castillo

## Optimización estructural de una $\beta$ -carbolina inhibidora de la tripanotión reductasa de *T. Cruzi* en búsqueda de nuevos fármacos contra el mal de chagas

**Vanessa Elsie Leyva Zegarra**

Tesis de LICENCIATURA  
(Abril de 2016)

El Mal de Chagas o tripanosomiasis americana, causada por el parásito protozoario *Trypanosoma cruzi*, es una enfermedad, caracterizada por el desarrollo de formas graves de cardiopatías y lesiones digestivas, que afecta a millones de personas a nivel mundial, siendo reconocida como una afección endémica en 21 países de América Latina. No existe aún un tratamiento eficaz para este mal y los únicos fármacos disponibles (nifurtimox y benznidazol) presentan eficiencia limitada y elevada

toxicidad lo que justifica la búsqueda de tratamientos alternativos que permitan la destrucción del parásito sin comprometer la salud del individuo infectado.

El parásito protozoario *T. cruzi* requiere de la flavoenzima Tripanotión reductasa (TR) para el mantenimiento de un ambiente reductor intracelular que ayude a controlar el estrés oxidativo, a diferencia del ser humano que para este fin emplea la enzima Glutión reductasa (GR). Si bien TR comparte numerosas propiedades estructurales con GR, ambas presentan diferencias metabólicas fundamentales que se traducen en especificidades mutuamente excluyentes, lo que convierte a TR en un objetivo terapéutico de interés.

La presente investigación tiene como objetivo la síntesis del catión tricíclico 3-(7-metoxi-1-metil-3,4-dihidro-9H- $\beta$ -carbolin-9-il)-*N,N*-dimetilbencil-amonio como potencial inhibidor de la enzima Tripanotión reductasa. El diseño de este inhibidor se basa en investigaciones previas que señalan que el esqueleto tricíclico *N*-alquilado, harmalina, así como la presencia de grupos funcionales aromáticos adicionales en la cadena lipofílica, contribuyen al incremento de la actividad del inhibidor debido a la promoción de interacciones hidrofóbicas con los residuos Trp22, Met114, Ala, 334, Pro398, Phe396 y Leu399. Por otro lado, se espera que el carácter catiónico de la molécula contribuya a la generación de interacciones electrostáticas con los residuos los residuos Glu19, Glu466 y Glu467 de manera que se favorezca aún más la selectividad del inhibidor por el sitio activo de la enzima.

Los compuestos sintetizados serán caracterizados mediante resonancia magnética nuclear ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , COSY, HSQC, HMBC, Selective NOESY) y espectrometría de masas de alta resolución (*electrospray*) y se reportará su capacidad de inhibición en base a ensayos biológicos in vitro con las enzimas TR de *T. cruzi* y TR de *T. brucei*, para comparar su actividad inhibitoria.

Finalmente, se emplearán bases de datos y herramientas bioinformáticas para: (1) identificar otras enzimas humanas con similitud estructural con la enzima TR con el propósito de verificar el potencial de TR como blanco terapéutico específico; y (2) comparar los sitios de unión al sustrato de las enzimas TR de *T. cruzi*, *T. brucei* y *L. infantum* con el objetivo de sustentar la posible actividad del inhibidor sintetizado en el presente estudio, frente a enfermedades como la tripanosomiasis africana y la leishmaniasis.

Tesis dirigida por la Dra.  
Helena Maruenda Castillo

## ÁREA DE QUÍMICA ANALÍTICA Y MEDIO AMBIENTE

### Desarrollo de un sensor químico a base de nanopartículas de oro para la determinación de $\text{Hg}^{2+}$ en muestra de agua utilizando dispersión Rayleigh de resonancia ( $\square$ )

**Glibver Jose Vasquez Villafana**

Tesis de MAESTRÍA  
(Febrero de 2016)

La detección de diferentes iones de metales pesados en las diversas fuentes de agua que existen ha sido de gran interés para diversos investigadores y autoridades públicas por el riesgo que estos suponen para la salud de los seres vivos. Debido a la elevada toxicidad que la sola presencia de uno de ellos supone, se han establecido estándares nacionales e internacionales de la cantidad máxima que los recursos hídricos deberían contener en su composición. De toda la gama de metales pesados existentes, el  $\text{Hg}^{2+}$  es uno de los más contaminantes y, de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA), la cantidad máxima permisible en el agua potable es 10 nM. Pese a que existen técnicas y protoco-

los establecidos para detectar la presencia de  $Hg^{2+}$  en agua, se ha visto la necesidad de encontrar métodos alternativos para su detección de una manera más rápida, barata y potencialmente portátil. Todo ello ha dado lugar al uso de sensores químicos de nanopartículas, los cuales han mostrado tener una muy buena aplicabilidad para tal fin.

En este trabajo se ha optimizado un sensor colorimétrico de  $Hg^{2+}$  basado en la agregación de nanopartículas de oro (AuNPs) inducida por lisina, previamente reportado en la literatura, y se le ha adaptado a un esquema de detección basado en dispersión Rayleigh de resonancia (DRR). En primer lugar, se llevó a cabo la síntesis de AuNPs de diferentes tamaños utilizando la metodología planteada por Turkevich y Frens de reducción de una sal de oro con citrato sódico, siguiendo el proceso de síntesis directa y otro de nucleación y crecimiento de nanopartículas. Se obtuvieron AuNPs de aproximadamente 14, 42 y 78 nm de diámetro con las cuales se procedió a realizar los estudios de detección de  $Hg^{2+}$  por espectrofotometría UV-Visible. Se llevó a cabo la optimización de varios parámetros experimentales incluyendo concentración de AuNPs, concentración del agente reductor de  $Hg^{2+}$  (citrato de sodio), concentración de lisina y tiempo de contacto entre reactivos.

Una vez establecidas las condiciones óptimas aparentes en el ensayo de absorción para cada tamaño de AuNPs, se procedió a realizar las curvas de calibración tanto por absorción como por DRR. Se encontró que para la mayoría de casos era posible detectar concentraciones de hasta 10 nM de  $Hg^{2+}$  en agua a nivel de estándares de laboratorio.

Mediante una comparación de los resultados obtenidos, se determinó que la mejor respuesta la brindaba el sensor de dispersión con AuNPs de 42 nm, siendo 10 nM de  $Hg^{2+}$  la concentración más baja que se ha conseguido detectar con una muy buena relación señal/ruido. Posteriormente, se realizó

un estudio de interferencias utilizando diversos aniones y cationes que pudiesen encontrarse en una matriz de agua potable real, obteniéndose que estos iones no tenían una influencia apreciable en la variación de la señal del sensor. Finalmente, se evaluó con éxito la aplicabilidad del sensor en una muestra real de agua potable contaminada con  $Hg^{2+}$ .

Tesis dirigida por el profesor  
Dr. Yves Paul Coello

## **Determinación analítica de detergentes en las aguas de los Pantanos de Villa**

**Carmen Celia Álvarez Gutiérrez**

Tesis de LICENCIATURA  
(Mayo de 2016)

Los humedales son uno de los ecosistemas más importantes del mundo debido a sus principales beneficios identificados: ser filtradores naturales de agua y reguladores de los ciclos hidrológico y químico, además son llamados “*mercados biológicos*” por la rica biodiversidad que poseen. La mayoría de las funciones que cumplen los humedales se agrupa en las siguientes tres categorías: función hidrológica, función biogeoquímica y mantenimiento de hábitats y cadenas alimenticias. Actualmente, los humedales están siendo amenazados por efecto de la acción humana y las escasas áreas destinadas a la conservación de humedales, sobretudo en la costa. El deterioro por la acción humana es el principal problema que enfrentan los humedales, sin considerar que una buena conservación no sólo beneficia a la fauna asociada sino también a la población que aprovecha sus recursos y servicios.

El área de estudio de esta tesis son Los Pantanos de Villa ubicados en el distrito de Chorrillos en la región de Lima Metropolitana. Debido a que los pobladores cercanos usan las aguas

de los principales canales de abastecimiento a las lagunas como lavaderos domésticos, el objetivo es determinar la concentración de detergentes en las aguas de los principales canales de abastecimiento y de las lagunas de Los Pantanos de Villa para determinar si existe contaminación por este tipo de actividad. Así mismo, se determinan los contenidos de nitrógeno, fósforo disuelto y fósforo total como nutrientes indicadores de eutrofización en las lagunas.

Se tomó muestras durante dos trabajos de campo, el 12 de diciembre del 2013 (época de verano) y el 21 de julio del 2014 (época de invierno). Las muestras fueron preservadas cuidadosamente y los análisis se realizaron mediante técnicas analíticas estandarizadas. Los niveles del pH de las aguas de las lagunas muestran tendencia a la basicidad, la conductividad supera los estándares de calidad ambiental establecidos por el Ministerio del Ambiente para lagos y lagunas de cuerpos lénticos. Las concentraciones de detergentes encontradas en las lagunas Anap y Principal alcanzan niveles considerados tóxicos para la vida acuática. Las concentraciones de nutrientes encontradas (fósforo y nitrógeno total Kjeldahl) conducen a clasificar las lagunas Sur y Anap en un estado hipereutrófico.

Tesis dirigida por la Dra.  
Nadia Gamboa Fuentes

## **Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local (□)**

**Lesly Kelly Lagos Araujo**

Tesis de LICENCIATURA  
(Abril de 2016)

El proceso de curtido de pieles genera efluentes con altas concentraciones de cromo, debido a que en esta etapa solo se aprovecha 70% del total de cromo utilizado, y queda una solución remanente que tiene un impacto

negativo en la salud de los obreros de la empresa y los habitantes de zonas aledañas. Esta concentración está muy por encima del límite máximo permisible (LMP) y lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), por lo que es necesario tratar el efluente. Es necesario establecer métodos amigables y responsables que puedan, simultáneamente, remediar este problema y apoyar la producción manufacturera. En la presente investigación se propuso estudiar el uso de la borra de café como bioadsorbente para tratar los efluentes provenientes de una curtiembre local. Cabe resaltar que la borra de café es un desecho disponible fácilmente al cual no se le rescata ningún beneficio. Por esta razón, es una fuente ideal de soluciones que contribuyan al mejoramiento de la calidad de agua, más aún que no se ha encontrado en la literatura ningún reporte de su aplicación para adsorción de cromo en este tipo de efluentes. Se realizó pre tratamiento básico a la borra de café y estudios de adsorción a distintas concentraciones de pH y tiempo de contacto. Se encontró que a pH 5 y tres horas de adsorción se obtiene un coeficiente de adsorción, de  $9,19 \pm 0,43$  mg/g, mayor que la capacidad de adsorción observada por algunos bioadsorbentes como aserrín de distintas maderas y de cáscara de maní.

En cuanto al pre tratamiento de la borra de café, se determinó que el tamaño de grano no afecta considerablemente la capacidad de adsorción y que basta el tratamiento con solución básica y bajo agitación para obtener un máximo coeficiente de adsorción de  $8,51 \pm 0,11$  mg/g. Se realizó pruebas empleando muestras del efluente de una empresa curtiembre local cuya concentración de Cr total promedio por FAAS fue 2462 ppm. Bajo las condiciones establecidas previamente se obtuvo una concentración final de Cr total de 158 ppm, es decir, una remoción de 94,1%.

Si bien la borra de café funciona como adsorbente para remover el metal en solución, no se obtiene una

remoción total de este, por lo que es siempre necesario combinarlo con precipitación de cromo de manera previa para adecuar las condiciones para una mejor adsorción. En cambio, funciona bien para concentraciones bajas, por lo tanto, se puede utilizar la borra de café como un tratamiento final para obtener agua que cumpla con los límites máximos permisibles de cromo en agua.

Tesis dirigida por la Dra.  
Nadia Gamboa Fuentes

### **Análisis de la fertilidad de los suelos agrícolas destinados al cultivo de arroz en la cuenca baja del río Jequetepeque.**

**Cecilia Eugenia Corcuera Molina**  
Tesis de MAESTRÍA  
(Septiembre de 2016)

En la costa norte del Perú en la región de La Libertad sobre la cuenca baja del río Jequetepeque el cultivo intensivo del arroz sobre los lechos fluviales del río, ha inducido debido a la inundación permanente el empobrecimiento de nutrientes, la compactación y salinización del suelo. En el presente trabajo, se evaluó mediante el estudio de suelos a través de métodos tradicionales de análisis la fertilidad de aquellos destinados al cultivo del arroz.

El estudio comprende análisis físicos de textura, densidad aparente y humedad, y químicos de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, contenidos de nitrógeno, carbono inorgánico, relación C/N, concentración de cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) solubles e intercambiables, capacidad de intercambio catiónico, cloruros, carbonatos, sulfatos y fosfato disponible.

El muestreo se realizó cuando los suelos se hallaban con cultivos inundados (febrero 2012) y antes de la preparación de los suelos para la siembra (agosto 2013). Además, se tomaron muestras de agua en la bocatoma de

distribución de agua para regadío y en la desembocadura del río Jequetepeque durante el segundo muestreo.

Las muestras del margen izquierdo del río tienen un alto porcentaje de arena, mientras que las del derecho tienen un alto porcentaje de limo. La densidad y la porosidad de los suelos tienen valores óptimos para el desarrollo de las raíces. La cantidad de materia orgánica tuvo un porcentaje alto, el pH varía de 7,5 a 8,34; los suelos son medianamente básicos y básicos. Los valores del CIC muestran una relación directa con la textura de los suelos, los de menor contenido de arcilla (menor de 19,0%) tienen valores entre 4,63 y 5,67 cmol de carga(+)/kg, y los de composición franco limosa muestran valores entre 10,09 - 14,25 cmol de carga(+)/kg.

Los valores de  $N_{\text{TOTAL}}$  para el periodo de inundación fueron ligeramente mayores que para las muestras tomadas en suelos sin preparar. En cuanto a los valores obtenidos para la relación C/N, las muestras tomadas en terrenos inundados presentan valores por debajo de la relación 20:1 lo que indica una disposición de  $\text{N-NH}_4^+$  y  $\text{N-NO}_3^-$ . Por otro lado, la mayor parte de las muestras tomadas en el periodo previo a la preparación del suelo muestran valores de relación C/N superiores a 30:1. Esto indica que el nitrógeno ha sido inmovilizado ( $N_{\text{inorg}}$  a  $N_{\text{org}}$ ) durante el proceso de descomposición inicial.

Los suelos muestran salinización en diferentes grados, pero ninguna de las muestras clasificó como suelo sódico según el porcentaje de sodio de intercambio (PSI). En cuanto a los aniones, los cloruros mantienen un valor promedio en los puntos analizados en ambos muestreos, el porcentaje de carbonatos da una clasificación de medianamente y fuertemente calcáreos. Los aniones sulfato se mantienen en un rango estrecho de valores para las muestras de suelo en ambas fechas de muestreo.

La muestra de agua proveniente de la bocatoma presenta carácter básico y la concentración de iones



# 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/>

sulfato es mucho mayor que en las muestras de agua recogidas en la desembocadura. Para esta última, la muestra tiene carácter medianamente básico con una concentración de iones cloruro mucho mayor que en la bocatoma. Los valores de SAR para evaluar la calidad del agua en ambas muestras, nos indican que de ser utilizadas como agua de riego existe un riesgo de ligero a moderado a salinizar o sodificar el suelo.

En base a los resultados encontrados; los suelos presentan las condiciones necesarias de abastecedores de nutrientes a los cultivos de arroz. Sin embargo, se reconoce un desequilibrio en el ecosistema debido a la acumulación salina, un riesgo moderado de la calidad de aguas de riego. Es necesario desarrollar y establecer técnicas agrícolas para el mejoramiento y mantenimiento de la fertilidad de los suelos por medios con un mínimo impacto ambiental como por ejemplo: combatir la degradación del suelo mediante el uso de especies leguminosas arbustivas o arbóreas propias de la zona, para que ayuden en el enriquecimiento del suelo con nutrientes esenciales.

Tesis dirigida por la Dra.  
Nadia Gamboa Fuentes

## **Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado Cakra, provincia de Yauyos, Lima (☐)**

**Gean Pieer Ruiz Olortino**

Tesis de MAESTRÍA  
(Febrero de 2016)

El estudio de las propiedades físicas y químicas de los suelos permite evaluar la fertilidad del suelo que servirá para identificar las zonas más adecuadas para determinados cultivos, conservar y mejorar la productividad del suelo. El propósito de este trabajo de investigación fue evaluar los indicadores físicos y químicos que estiman la ferti-

lidad usando los niveles de calidad de suelos en un sistema de andenería, con la finalidad de proponer indicadores que explican la variabilidad para la recuperación de la capa arable en los andenes que han sido abandonados, así revalorar y promover el reaprovechamiento de dicha tecnología para garantizar la seguridad alimentaria de la población local como parte del desarrollo sostenible agrícola.

La zona de estudio corresponde al sistema de andenería perteneciente al centro poblado de Cakra, en el distrito del mismo nombre, ubicado en la margen izquierda de la parte alta de la microcuenca del río Cakra, provincia de Yauyos, región Lima; cuenta con aproximadamente 40 ha (400000m<sup>2</sup>) de áreas de cultivo. Las muestras de suelos fueron tomadas en dos periodos del año el 24 de mayo del 2015 en la época de sembrío y el segundo periodo se realizó el 19 de julio del 2015 en la época de cosecha de los cultivos en base a un patrón de muestreo de rejillas regulares y se colectaron 9 muestras superficiales de 0-30 cm de profundidad.

Para la identificación de elementos químicos en el suelo se usó el análisis de fluorescencia de rayos X y para la determinación de los indicadores fisicoquímicos se usaron métodos analíticos normalizados y referenciados. Se evaluó indicadores físicos como textura, densidad aparente y humedad; e indicadores químicos como potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, carbonatos, materia orgánica, nitrógeno total, nitrógeno disponible (nitratos), fósforo disponible, Azufre disponible (sulfatos), capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases (calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiable) y micronutrientes (cobre, cinc, hierro y cloruros).

A partir de los resultados se determinó que los suelos presentan buena compactación, textura franca arcillo arenosa y franca arenosa, salinidad baja, baja sodicidad, macronutrientes moderados, altos contenidos de micronutrientes disponibles como

el hierro, cobre y zinc, presenta suelos potencialmente ácidos debido a la lixiviación de los cationes básicos y presencia de elementos generadores de acidez como son el aluminio y el hierro que proviene de la geoquímica. Por otra parte, se realizó métodos quimiométricos (análisis de componentes principales, PCA) de las variables estudiadas para encontrar la diferenciación de las áreas de cultivos.

Tesis dirigida por la Dra.  
Nadia Gamboa Fuentes

## **Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Cagra, región Lima (☐)**

**Betty Mercedes Teves Aguirre**

Tesis de MAESTRÍA  
(Marzo de 2016)

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio fisicoquímico del agua del río Cakra, que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Cañete ubicada en la provincia de Yauyos en la Región Lima – Perú, para determinar la calidad del recurso que es destinado al riego de cultivos agrícolas y bebida de animales en una zona calificada de extrema pobreza.

El monitoreo se efectuó en sendas campañas en mayo y julio del 2015, en época de lluvias y estiaje respectivamente, definiéndose 6 estaciones de muestreo. En cada estación se hizo mediciones in situ y se tomó muestras para el análisis en el laboratorio. Los parámetros que se determinaron en campo fueron temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH; los parámetros analizados en el laboratorio fueron demanda química de oxígeno, sólidos totales, sedimentables, suspendidos y disueltos, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, carbonatos, sodio, calcio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, magnesio, plomo y cinc.

Para los análisis de laboratorio

se hizo uso de técnicas volumétricas, gravimétricas e instrumentales como las espectroscopias UV-Visible y de absorción atómica (AAS). En base a los resultados obtenidos se determinó que los parámetros estudiados en el río Cacara no sobrepasan los niveles establecidos en el estándar nacional de calidad ambiental para agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales. El río Paluche, uno de los contribuyentes del río Cacara, no cumple con los valores establecidos por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03). Del análisis realizado se concluye que el río Lincha tiene influencia en la calidad del agua del río Cacara.

Tesis dirigida por la Dra.  
Nadia Gamboa Fuentes

## ÁREA DE PRODUCTOS NATURALES

### Evaluación de la estabilidad del EPA contenido en el aceite extraído de la microalga *Nannochloropsis Oceánica* (☐)

**Yenny Maribel Allca Castillo**

Tesis de MAESTRÍA  
(Abril de 2016)

El presente trabajo de investigación, se realizó con el fin de estudiar la estabilidad oxidativa del EPA en el tiempo del aceite extraído de la especie *Nannochloropsis oceanica*. Se comparó la eficiencia de extracción del aceite a partir de la biomasa seca por dos métodos, uno en frío y otro en caliente, para contrastar la importancia del empleo de un método en frío, que permitiría una mejor extracción de carotenoides y la preservación de otros antioxidantes. Se evaluó determinando el rendimiento del método de extracción y el contenido de ácidos grasos presentes, confirmando que el método en frío, es más adecuado para un análisis de estabilidad.

Se analizó cualitativamente su capacidad antioxidante total por voltametría estimando la señal característica de los carotenoides para la muestra. Se analizó el efecto del  $\beta$ -caroteno en la muestra, para lo cual se realizó adiciones sucesivas de estándar y se observó su influencia positiva en la capacidad antioxidante total. A la matriz se le realizó un test de almacenamiento a 37°C, por lapsos de tiempo de 0, 3, 6, 9, 12, 15 días, en los cuales se le realizó los análisis respectivos de cuantificación de EPA por GC, evaluación del contenido de  $\beta$ -caroteno por HPLC, un análisis cualitativo de la capacidad antioxidante total por voltametría y determinación del índice de peróxido. Los estudios que se realizaron en los carotenoides por las técnicas de HPLC y voltametría, por presentar contenido muy bajo en la matriz, no mostraron señales significativas.

Para el estudio de estabilidad oxidativa del EPA en el tiempo, se analizó como variable de estudio la concentración del EPA respecto al análisis del índice de peróxido, mediante un análisis de correlación observando que existía una alta correlación inversa entre las dos metodologías. Esto indicaría que el análisis de índice de peróxido sería un buen indicador de la estabilidad del EPA en la matriz.

Tesis dirigida por la Dra.  
Juana Rosa María Robles

## ÁREA DE FISIOQUÍMICA

### Estudio del proceso de adsorción de cadmio y cromo presentes en soluciones acuosas utilizando carbones activados modificados (☐)

**Julio Alexis Uechi López**

Tesis de MAESTRÍA  
(Marzo de 2016)

El objetivo principal de la presente investigación fue el estudio del

proceso de adsorción de cadmio y cromo presentes en soluciones acuosas utilizando carbones activados modificados. Se utilizó como materia prima un carbón activado comercial. Para la modificación superficial del carbón activado, se trabajó con HCl, HNO<sub>3</sub>, NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y NaCl, a distintas concentraciones. Para las soluciones ácidas, básica y salina, el tiempo de reacción fue de 24 h a 50°C, mientras que, para el agua oxigenada fue de 3 h a temperatura ambiente.

La caracterización se realizó utilizando diferentes técnicas instrumentales: pHPZC, titulación Boehm, FTIR, SEM, EDX y sorción de N<sub>2</sub>. Se determinó que el punto de carga cero variaba con el tratamiento aplicado al carbón activado, pero se mantuvo con leves cambios en los carbones tratados con sales. La espectroscopia infrarroja (FTIR) permitió establecer la formación de posibles grupos funcionales oxigenados después de la modificación del carbón activado. La titulación Boehm permitió determinar los grupos ácidos superficiales. La funcionalización de los carbones activados con HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> incrementan la acidez superficial del carbón, aumentando la cantidad de los grupos carboxílicos y fenólicos, mientras que se redujo los grupos lactónicos en dichos carbones. La microscopia electrónica de barrido (SEM) permitió el análisis morfológico del carbón, se identificó posteriormente 3 estructuras diferentes que conformaban el carbón de partida y que debido al tratamiento aplicado (principalmente con un agente oxidante) se producía mayor fragmentación en el carbón funcionalizado. Mediante la sorción de N<sub>2</sub> se pudo establecer que todos los tratamientos, con excepción de aquel en que se utilizó NaCl, produjeron una reducción del área superficial; este efecto fue mayor cuando se utilizó un agente oxidante (HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y cuando la concentración empleada fue más alta.

Se realizó el estudio cinético de la adsorción del cadmio y del cromo, obteniendo que los tiempos de equi-

librio para la adsorción de ambos metales en forma individual fue de aproximadamente 100 minutos. Se determinó que, para la adsorción de cromo solo los carbones tratados con  $\text{HNO}_3$  y con  $\text{H}_2\text{O}_2$  mejoraron la capacidad de adsorción del carbón activado. Sin embargo, con estos mismos carbones, la funcionalización no fue tan efectiva para la adsorción de  $\text{Cd}$  (II). La funcionalización del carbón con  $\text{HCl}$  y con  $\text{NaCl}$  no resultó adecuada para la adsorción de ninguno de estos metales.

Por otro lado, cuando se cambió el adsorbato por un compuesto orgánico como el 4-nitrofenol, se observó un ligero aumento en la capacidad de adsorción con el carbón activado funcionalizado con  $\text{NaCl}$ , indicando que el tipo de modificación que se aplique al carbón activado depende también de la naturaleza del adsorbato que se quiera investigar.

Al analizar los factores que pueden influir en la retención del adsorbato, se determinó que la adsorción es mejor a  $\text{pH} = 5$  y a bajas temperaturas ( $10^\circ\text{C}$ ). Los resultados cinéticos en la gran mayoría de los carbones modificados presentan el mejor ajuste con el modelo de pseudo segundo orden, lo que indica que el proceso de adsorción depende de la disponibilidad de los sitios de adsorción.

Tesis dirigida por la Dra.  
María del Rosario Sun

## **Desarrollo de electrodos de fieltro de grafito modificados con plata: caracterización física y electroquímica y su aplicación en la generación de peróxido de hidrógeno.**

**José Paul Monteza Basaldúa**

Tesis de MAESTRÍA  
(Febrero de 2016)

En la presente tesis, se reporta la modificación de electrodos de fieltro de grafito formando micropartículas

de plata sobre su superficie mediante un método no electroquímico. Para ello se utilizó nitrato de plata amoniacal a concentraciones de 0,03; 0,1 y 0,2 M y se empleó como solución reductora glucosa 0,03; 0,1 y 0,2 M, respectivamente.

Los fieltros de grafito modificados fueron caracterizados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y voltametría cíclica. Luego los fieltros fueron utilizados para generar peróxido de hidrógeno por electro-reducción del oxígeno en su superficie. Los fieltros modificados no mostraron una importante electroactividad para tal fin, a pesar de haber incrementado su área electroquímica tal como indican los voltamperogramas. Los fieltros modificados fueron utilizados para la degradación del para-nitrofenol por método electro-Fenton.

Tesis dirigida por el profesor  
Dr. Maynard Jorge Kong

## **Adsorción y desorción de iones plata sobre quitina y quitosano de *Litopenaeus Vannamei* (♂)**

**John Rudy Jáuregui Nongrados**

Tesis de MAESTRÍA  
(Mayo de 2016)

En esta investigación se estudió el proceso de adsorción de iones plata ( $\text{Ag}^+$ ), sobre polímeros naturales provenientes de la industria pesquera. Se utilizó quitina y sus derivados, quitina calcárea y quitosano, para determinar su potencial aplicación al tratamiento de efluentes provenientes de desechos industriales que contengan este metal precioso en bajas concentraciones.

Tanto la quitina como el quitosano fueron caracterizados por espectroscopias: FT-IR,  $^1\text{H}$ -RMN y microscopía electrónica de barrido (SEM). Los experimentos de biosorción se realizaron tomando en cuenta las variables  $\text{pH}$ , temperatura y concentración de  $\text{Ag}^+$

en la solución, así, como el tamaño de partícula del biosorbente. Se encontró que la máxima capacidad de adsorción de  $\text{Ag}^+$  por parte de los biopolímeros (30% en la quitina, 80% en la quitina calcárea y 99 % en el quitosano) ocurre en un rango de  $\text{pH}$  entre 4 y 8.

El estudio de la cinética muestra que el proceso de biosorción ocurre rápidamente en los primeros minutos para después continuar aumentando muy lentamente hasta llegar al equilibrio. También se obtuvieron las respectivas isothermas de adsorción para cada biopolímero, de estas curvas se obtuvieron los valores de capacidad máxima de retención. El quitosano presenta buenas propiedades de retención de  $\text{Ag}^+$ , seguido por la quitina calcárea, mientras que la quitina no presenta buenas propiedades de retención, aunque mejora un poco al disminuir su granulometría y al aumentar la temperatura del proceso. También se evaluó la posibilidad de reusar al quitosano dado que se obtuvo una alta capacidad al desorberlo previamente con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , obteniéndose 30 y 85% de  $\text{Ag}^+$ , respectivamente.

Tesis dirigida por la  
magíster Ana Pastor