

## **El lirio acuático *Eichornia crassipes* como especie fitoacumuladora de metales pesados**

ISLAS-JESUS, Raúl & ARIAS-TRINIDAD, Alfredo

R. Islas y A. Arias

Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco  
raul.islas@campus.itsc.edu.mx

J. Tepetla, C. Pulido (eds.) *Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad*, Tópicos Selectos de Educación Ambiental-©ECORFAN-Veracruz, 2015.

## Introducción

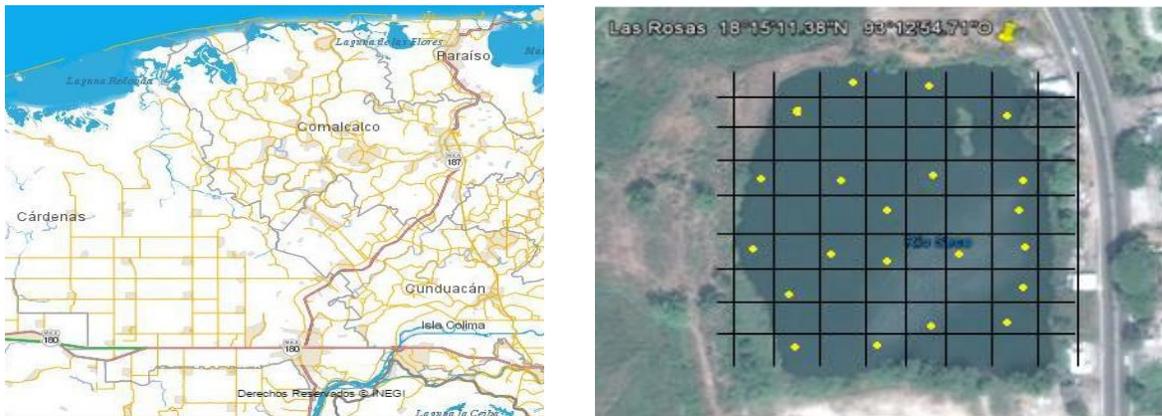
En la actualidad se está experimentando un aumento en las actividades antropogénica debido a los avances tecnológicos y los altos requerimientos de energía para generar los diversos productos del sector industrial, estas actividades han proporcionado efectos colaterales a los ecosistemas que luchan por mantener su atenuación natural, este desequilibrio es generado por la polución la cual proviene de actividades antropogénicas, debido a esto es de interés estudiar los cambios que ocurren en los ecosistemas por la presencia de contaminantes puntuales y el incremento en la concentración vertida al suelo, agua y aire. Este trabajo de investigación pretende enfocarse a los sistemas acuáticos el cual se ha visto afectado por innumerables vertidos de aguas residuales y sustancias químicas de uso domésticos e industrial, que han provocado un aumento y un desequilibrio en la atenuación natural de los ecosistemas acuáticos naturales. Este hecho ha generado la presencia de diferentes metales pesados como son el Cr, Cu, Ni, Zi y Pb; Por este motivo se ha visto la necesidad de estudiar alternativas para el tratamiento de los recursos hídricos y de promover el desarrollo de tecnologías ambientales o la integración de varias tecnologías para mejorar la calidad de los cuerpos de agua contaminados.

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. (Angélica Evelin Delgadillo-López et all.).

La especie de planta que se estudio es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como planta fitoacumuladora de cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Cu con el objetivo de proponer una fitorremediación a cuerpos de agua contaminados por metales pesados.

## Materiales y métodos. Ubicación de la zona de investigación.

**Figura 1** Ubicación geográfica de la zona de investigación.



## Método de muestreo

La toma de muestras se realizó en el río seco de la comunidad de la Rosas, Comalcalco, Tabasco durante la época de estiaje en Septiembre de 2014. Se trazó un modelo raster que abarco la totalidad del río, para sectorizar el área y se tomaron las muestras de lirio.

En cada punto de muestreo se marcó con un GPS Garmin GPSmap 60C. Se utilizó una lancha para alcanzar los lirios en la zona pantanosa del río, cada lirio se etiquetó y se embolsó siguiendo parámetros estándar.

### **La recolección de las plantas.**

En cada punto se realizó un muestreo aleatorio simple recolectando una subpoblación de 20 plantas con las que se trabajaron en el laboratorio. Las plantas de diferente tamaño, peso y morfología se integraron a una muestra compuesta.

### **Pre-tratamiento de las plantas.**

Las plantas recolectadas de cada punto se lavaron con agua destilada y agua acidulada ( $\text{HNO}_3$  al 5 %) para eliminar toda la materia orgánica excedente y metales pesados adheridos a la planta, se seleccionaron las plantas en estructura sumergida (raíces) y en estructura aérea (tallo reducido, peciolo, hojas y meristemos primarios).

Las muestras de plantas se incineraron en una mufla a  $400^\circ\text{C}$ , para trabajarlas con una digestión ácida de ( $\text{H}_2\text{NO}_3$  AL 5% Y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  AL 5%), en una parrilla magnética con calentamiento a  $200^\circ\text{C}$  y 15 rpm, (EPA-3051.1994), para la destrucción total de la materia orgánica.

La lectura de los metales en las plantas se realizó con dos métodos; flama y horno de grafito por espectrofotometría de absorción atómica.

### **Método flama**

- Encender regulador; PC y espectrofotómetro de AA Pin AAcle 700T.
- Verificar el Espectrofotómetro de absorción atómica, esta se realiza cada vez que se utilice el espectrofotómetro.
- Este método es aplicable para la determinación de: Cobre, Cromo, Cadmio, Níquel, Plomo, Zinc, Hierro, Aluminio y Bario
- Instalar la lámpara conveniente para el elemento a determinar dejar calentar entre 20 y 30 minutos, si es de cátodo hueco; o 1 hora para las de descarga sin electrodos.
- Ajustar las condiciones de la Flama aire-acetileno. Encender flama. Permitir que el Sistema alcance el equilibrio de temperatura.
- Aspirar un blanco
- Checar la sensibilidad del equipo aspirando una disolución estándar del metal a analizar ajustar la velocidad de flujo del nebulizador hasta obtener la máxima sensibilidad, así como ajustar el quemador horizontal y verticalmente hasta obtener la máxima respuesta.
- Introducir los parámetros de calibración y estándares de acuerdo al elemento a determinar.
- Verificar que los datos cargados en el método sean los necesarios para la calibración y/o análisis.

- Realizar la curva de calibración con un mínimo de cuatro concentraciones y 1 blanco de reactivos en el intervalo lineal demostrado para cada elemento. El primer punto debe ser igual o mayor al límite de cuantificación y el último debe estar dentro del intervalo lineal.
- Realizar por lo menos 3 lecturas independientes para cada blanco, estándar, lote de 10 o menos muestras, muestra duplicada y muestra adicionada.
- Verificar que las absorbancias en su porcentaje de RSD sea  $\leq 3$  y la concentración estimada por el equipo no varíe en un  $\pm 20\%$  a la concentración teórica.
- Imprimir la curva de calibración y resultados.
- Disponer de los residuos peligrosos.
- Capturar los datos de la curva de calibración en el formato “Cálculo de los límites de detección y cuantificación en una curva de calibración por cada curva que se realice.
- Revisar los resultados de metales; así como los cálculos de LDM y LCM. De cada curva realizada.

### Método de horno de grafito

- Verificar que este abierto el tanque de gas Argón, el tanque de Acetileno cerrado y no esté funcionando el compresor de aire.
- Verificar que el módulo automuestreador del horno de grafito este instalado en el espectrofotómetro.
- Está instalado el módulo automuestreador del horno de grafito?

Si: Pasar a la actividad 7

No: Continuar con la actividad 4.

- Retirar el módulo de flama del espectrofotómetro, desconectando el conector que se ubica en la parte posterior e inferior de la cámara de combustión del quemador.
- Presionar el **botón** ubicado a lado derecho del quemador y empujar la palanca; jalar la base del módulo de flama, desconectar la manguera de drenaje.
- Colocar el modulo del automuestreador del horno de grafito, girando de izquierda a derecha hasta que quede posicionado frente a la cabina del espectrofotómetro.
- Verificar las conexiones involucradas en el funcionamiento del equipo: gases, sistema de enfriamiento y sistemas de comunicación con el espectrofotómetro y la computadora.
- Instalar la(s) lámpara(s) del elemento que se va a analizar.
- Encender el Equipo PinAAcle 700T de AA y el horno de grafito, esperar a que termine el proceso de autocomprobación.
- Iniciar la PC y el programa **WinLab 32 AA**, verificar que la técnica a cargar sea **Furnace** (Horno).

- Seleccionar en el menú de la parte superior **LAMPS** y encender la lámpara en el icono **On/Off**, dejar calentarse aproximadamente de 20 a 30 minutos si es del tipo de cátodo hueco; y 1 hora la de tipo de descarga sin electrodos. Registrar en bitácora de lámparas los datos correspondientes. Pulsar **Set Midscale** para ajustar lámpara
- Entrar a la opción **Tools - Continuos Graphics** del menú.
- Verificar que existe absorbancia y aplicar clic en el botón **Autocero**, para registrar absorbancia cero.
- Empujar lentamente el automuestreador hasta que haga tope con los tornillos de ajuste y asegurar.
- Alinear el Automuestreador utilizando el menú Tools y en el submenú **Furnace Control**, dar clic **Align Tip. Ok**
- Seleccionar **Align the autosampler tip in the graphite tube** (Alinear el dispensador automático de muestras en el tubo de grafito) y pulsar Siguiente.
  - Suspender el extremo del dispensador automático de muestras sobre el agujero del tubo de grafito. Utilizando los dos botones negros de alineación de X y Y; que se encuentran en la base del automuestreador, alinee el extremo con el agujero del tubo de grafito. Acerque el capilar al extremo al agujero ajustando la profundidad con la perilla grande, blanca del lado izquierdo), mientras se ajusta X y Y hasta que el extremo se introduzca por el centro del agujero sin que toque las paredes del tubo.
  - Supervisar la ubicación del el capilar dentro del tubo utilizando la aplicación de la cámara integrada con el WinLab (si está disponible), o apoyarse con el espejo ubicándolo en la ventana derecha del horno de grafito.
  - Con el regulador de profundidad, establecer la altura de la punta del capilar ente 1 y 2 mm, por encima de la plataforma. Ajustar solo abajo, si se ajusta demasiado bajo, hacer Clic en atrás y volver a intentarlo. Pulsar finalizar para guardar la posición en la que se realizara los análisis.
- Sustituir el tubo de grafito cuando se requiera, Abrir el horno y seleccionando **Furnace Control** y pulsar **Open/Close** para abrir y hacer Clic para cerrar el horno
- Acondicionar el tubo de grafito antes de usarlo por primera vez; iniciando **Furnace Control** y pulsar **Condition Tube**.
- Limpiar el capilar del automuestreador, seleccionando **Furnace Control** y pulsando **Flush Sampler**
- Lavar y limpiar el sistema de enjuague, llenar el bote con una solución al 0,2 % de ácido nítrico suprapuro.
- Entrar al menú Tools y al submenú Furnace Control. Dar clic en la opción Flush Sampler, para iniciar un ciclo de lavado. Repetir la operación hasta que se observe que todo el aire, contenido en la manguera de la bomba haya salido.

- Verificar que el residuo del lavado, sea conducido hacia el bote recolector
- Seleccionar el (los) método(s) de acuerdo al (los) metal(es) a determinar, utilizando la opción **File - Open** o **File New** del submenú **Method** y seleccionar el metal a analizar; o crear el método.
- Cambiar la descripción del método de acuerdo al metal. Consultar manual de usuario o procedimiento específico “Determinación de metales en agua por Absorción Atómica” PE-AM-OP-019-2012, e introducir la ubicación del estándar, matriz, diluyente y blanco que serán utilizadas en el carrusel del automuestreador.
- Introducir las diluciones del estándar requeridas para que el equipo las realice automáticamente. Seleccionar el Menú **Method- Calibration- Standart Concentrations**
- Guardar el método como nuevo, utilizando la opción **Save As** del submenú **Method** del menú **File**.
- Crear un archivo para muestras seleccionando la opción **Sample Info File** del submenú **New** del menú **File** o utilizar un archivo de muestras existente para un lote de muestras determinado incluyendo la ubicación que ocupara cada muestra en el carrusel del automuestreador, así como el número de réplicas: Guardar los cambios.
- Abrir un área de trabajo o **Workspace**, y seleccionar la ruta donde se almacenaran los resultados e identifícalos en **Results Data** se recomienda que el nombre del archivo incluya la fecha y metal correspondiente.
- Guardar los cambios del área de trabajo con los nuevos archivos de método e información de muestras antes de iniciar las determinaciones.
- Entrar a la opción **Continuos Graphics** del menú **Tools**, y alinear a cero.
- Realizar la curva de calibración, seleccionando **Automated Analysis Control** utilizando el botón **Calibrate**.
- Realizar la determinación de las muestras utilizando el botón **Analyze Samples**, los resultados quedarán almacenados en archivo electrónico.
- Apagar la lámpara seleccionando en el menú de la parte superior **LAMPS Setup, On/Off** en la celda y presionar **ENTER**.
- ¿Se va a continuar con la determinación de otro elemento?

Si: Regresar al inciso 11.

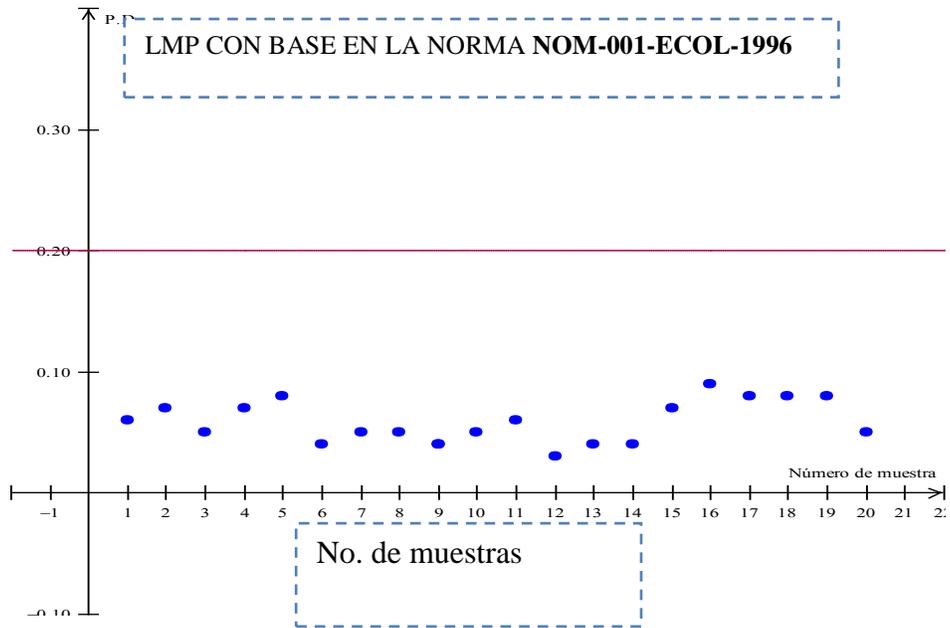
No: Continuar con el inciso 35

- Remover todas las muestras y reactivos de las cubetas del automuestreador.
- Apagar el espectrofotómetro e impresora.
- Cerrar tanque de gas Argón.

- Disponer los residuos peligrosos según la normatividad vigente.

**Resultados**

**Gráfico 1 Metal pesado Cd.**



**Gráfico 2 Metal pesado Cr**

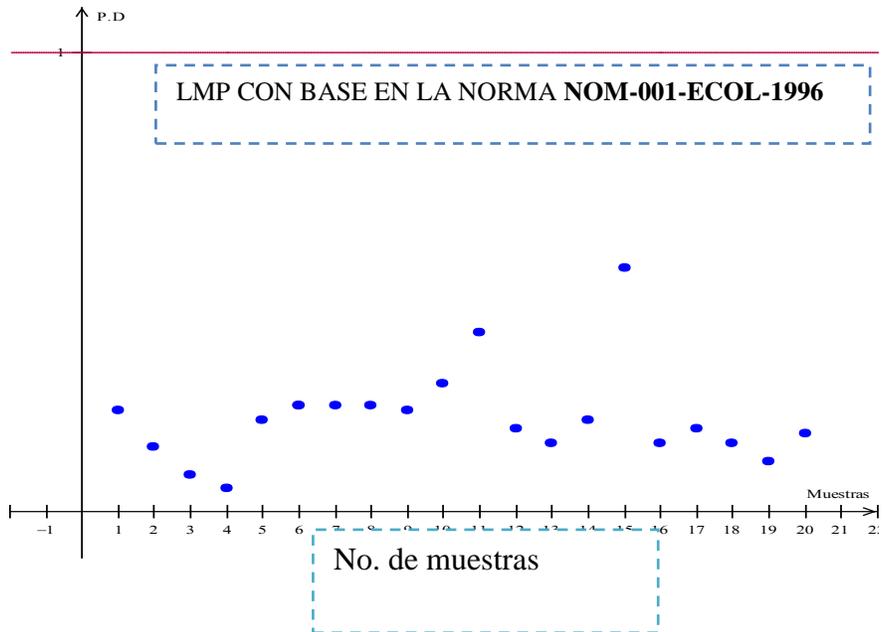
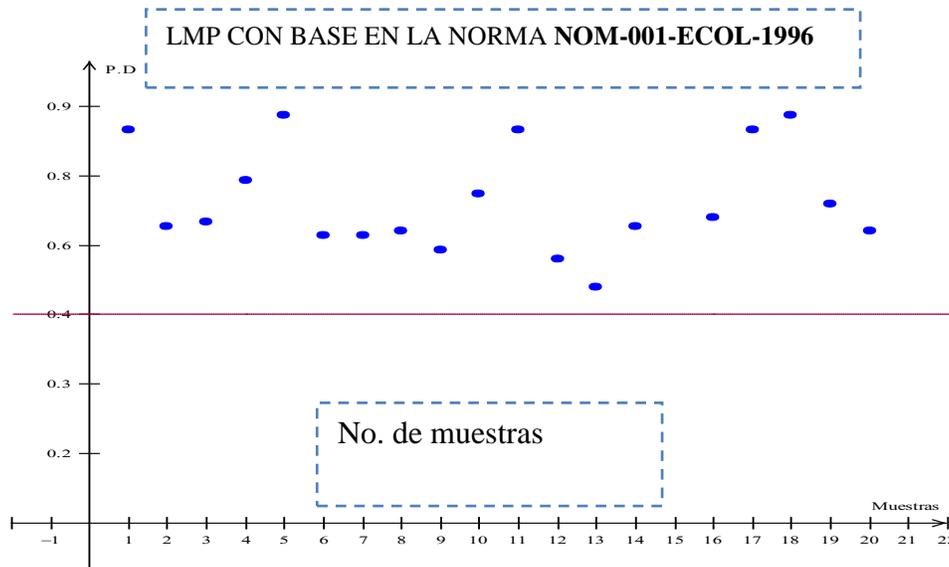


Gráfico 3 Metal pesado Pb



### Discusión y resultados.

Los metales analizados Cd, Zn, Cr, Ni, Cu están dentro de los límites máximos permisibles de la norma oficial mexicana **NOM-001-ECOL-1996**, la cual señala que los metales pesados y cianuro se consideran contaminantes cuando las concentraciones están por encima de determinados límites como promedio mensual (PM) y promedio diario (PD), pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: arsénico (PM=0.1 mg/l, PD=0.2 mg/l), cadmio (PM=0.1 mg/l, PD=0.2 mg/l), cobre (PM=4.0 mg/l, PD=6.0 mg/l) cromo (PM=0.5 mg/l, PD=1.0 mg/l), mercurio (PM=0.005 mg/l, PD=0.1 mg/l), níquel (PM=2.0 mg/l, PD=4.0 mg/l), plomo (PM=0.2 mg/l, PD=0.4 mg/l), zinc (PM=10 mg/l, PD=20 mg/l) y cianuros (DOF, 1996). El metal que excede la concentración permisible es el Pb, lo que impacta de forma negativa a la flora del lugar. (VILLA-IBARRA et.all.)

### Conclusiones

Los resultados encontrados de la concentración de Pb en la flora del lugar están afectando el ecosistema de manera proporcional a los vertidos y lixiviados originados de las actividades antropogénicas, cabe mencionar que esta afectación altera la atenuación natural del ecosistema y es visible su lenta recuperación, con estos datos se pretende hacer una evaluación de tecnologías ambientales para ayudar al ecosistema a recuperar su atenuación natural y minimizar la generación o transferencia de desechos de remediación, entre las ventajas principales de la atenuación natural son las siguientes; es menos intrusiva que las técnicas actuales de remediación ya que requiere pocas estructuras de la superficie, se puede aplicar a la totalidad o parte de un sitio determinado, dependiendo de las condiciones del lugar y los objetivos de limpieza, la atenuación natural puede utilizarse en conjunto con, o como un seguimiento de otras medidas correctivas, es el coste total será probablemente inferior a la remediación activa.

## **Agradecimientos**

Se agradece el apoyo otorgado del Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, a la línea de investigación “biotecnología Ambiental y Toxicidad de Zonas Contaminadas” con clave de la línea: SCMC-LGAC-01-14.

## **Referencias**

Norma Oficial Mexicana, 1996. NOM-001-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES. Diario Oficial de la Federación, 24 Junio de 1996.

Lomelí R. M. G. y R. Tamayo O. 2005. CONTAMINACIÓN POR METALES. [http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/paginas/15agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/15agua.html)

Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0 <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-32.html>

Innovación y Cualificaciones, S. T. (2014). *Experto en gestión medioambiental*. España : IC-Editorial.

Ministry of Environment. Soil guideline values, New Zealand. Actualizado, 9 junio 2009. [Visto el 20 de marzo de 2014]. Disponible en: <http://www.mfe.govt.nz/publications/rma/proposed-nes-managing-contaminants-insoil/page8.html>