

## Nuevo acercamiento al aprovechamiento de los residuos de humedales artificiales basado en estudios a escala prototipo y de laboratorio

### *New approach to the recycling of residues from artificial or constructed wetlands based on prototype and laboratory-scale studies*

**Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora\***

Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Facultad de Química, FQ, Departamento de Ingeniería Química, DIQ, Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, LIQAYQA, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México. Tel. (+52-55) 5622-5300 al 04, Fax (+52-55) 5622-5300, correo-e (e-mail): nadjagaitan@gmail.com

\*Autora a quien debe dirigirse la correspondencia

Recibido: Enero 15, 2022

Aceptado: Febrero 14, 2022

#### Resumen

El objetivo de esta investigación es incorporar la estabilización de residuos primarios de dos humedales artificiales diferentes (uno de flujo vertical y el otro de flujo horizontal y que reciben dos tipos de aguas residuales diferentes (uno aguas de tipo sanitario y el otro aguas residuales mixtas) empleando como material abultante el propio material vegetal de los recortes semestrales de las hidrofitas en reactores de compostaje con aeración intermitente. Se corroboró a escala de laboratorio, por medio de estudios ecotoxicológicos empleando semillas de plantas comestibles, maíz y frijol, que se podrían obtener compostas adecuadas para su uso como mejoradores de suelo ejemplificado con un sustrato hecho con suelo (tierra negra de hoja) y arena. Las soluciones propuestas son simples y económicas.

**Palabras clave:** Aprovechamiento de residuos primarios, humedales artificiales, estudios a escala prototipo y de laboratorio

#### Abstract

*The objective of this research is to incorporate the stabilization of primary waste from two different artificial wetlands (one with vertical flow and the other with horizontal flow and that receive two different types of wastewater (one sanitary-type water and the other mixed wastewater) using as bulking material the plant material itself from the semi-annual cuttings of the hydrophytes in compost reactors with intermittent aeration. It was corroborated on a laboratory scale, through ecotoxicological studies using seeds of edible plants, maize and beans, that suitable compost materials might be obtained for use as soil improvers exemplified with a substrate made of soil (black leafy soil) and sand. The proposed solutions are simple and inexpensive.*

**Keywords:** Recycling of primary residues, artificial or constructed wetlands, prototype and laboratory-scale studies

#### Introducción

Actualmente, los sistemas de humedales artificiales están siendo considerados como opciones viables para la depuración de aguas residuales de tipo sanitario o mixto, especialmente para comunidades suburbanas y rurales (Durán-Domínguez-de-Bazúa et al., 2018). En la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, especialmente en el grupo de investigación de la Facultad de Química, FQ, se inició su estudio desde mediados de los años setenta del siglo pasado, a recomendación del entonces pionero de estos estudios, el Dr. Fermín Rivera de la ahora FES Iztacala (López-Ochoterena, 1998).

La autora realizó su tesis de maestría en el área de ingeniería ambiental a principios del siglo XXI (Gaitán-Zamora, 2007; Gaitán-Zamora y Durán-de-Bazúa, 2006, 2007) trabajando en los humedales prototipo de la Facultad de Química ubicados en el Vivero Forestal de Coyoacán (un humedal artificial

de flujo horizontal) y en la Zona Cultural de la Ciudad Universitaria (un humedal artificial de flujo vertical), que fue dado de baja para construir los nuevos edificios del Posgrado de la UNAM, siendo sustituido por uno también de flujo horizontal en la zona del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur dedicada al Sistema de Laboratorios para el Desarrollo y la Innovación, Siladin, construido con fondos de la UNAM a través de dos proyectos INFOCAB y de apoyos externos altruistas, por los pioneros de este sistema en el Colegio, el Q. Agustín Arreguín y el M. en C. Narciso José Ruiz con el apoyo del grupo de la FQ y de la Dirección General de Obras de la UNAM. Estos tres sistemas prototipo de la UNAM han sido ampliamente descritos en la literatura publicada por el grupo de investigación de la FQ, además de las cooperaciones académicas con otras instituciones y el apoyo a comunidades rurales (ver Anexo).

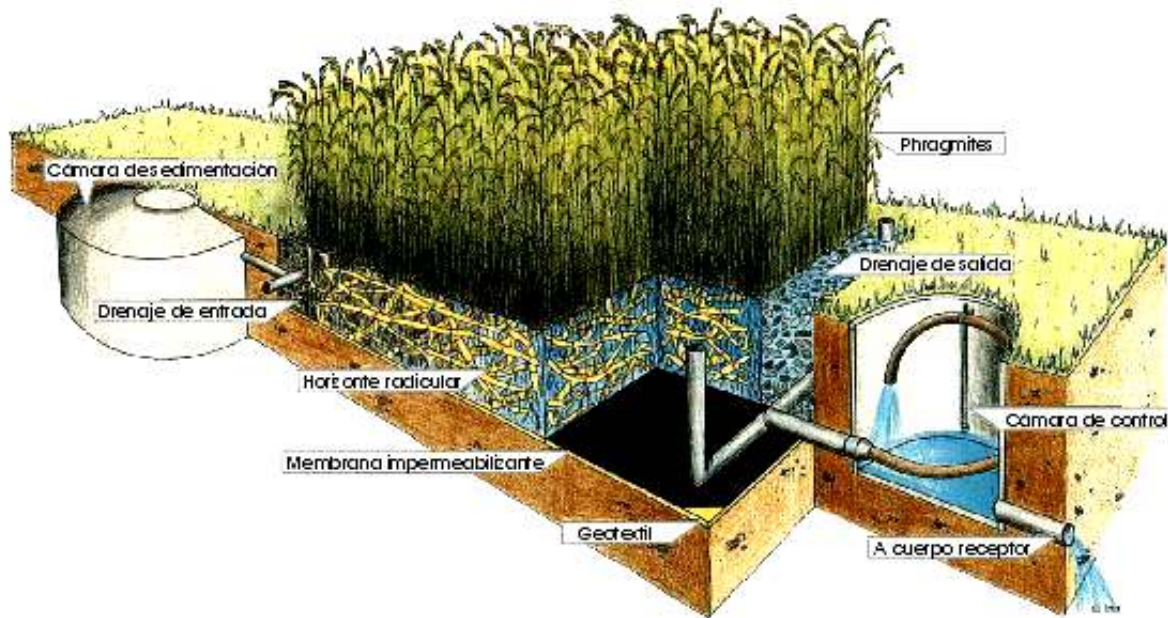
Por ello, el objetivo de esta fase de la investigación fue el de aplicar los nuevos conocimientos adquiridos en estos últimos 15 años para con ellos aprovechar de manera más eficiente los residuos que se producen en los sistemas de humedales evitando la contaminación de las zonas aledañas a ellos. A continuación se describe brevemente lo realizado hace 15 años y después se darán las recomendaciones para construir los humedales artificiales considerando la adición de las operaciones unitarias que permitan ese aprovechamiento integral del sistema.

**Resumen de lo realizado hace 15 años en los HAFH-Viveros de Coyoacán y HAFV-Zona Cultural, prototipos para estudiar la depuración de aguas sanitarias *versus* aguas mixtas en dos diferentes patrones de flujo incluyendo pruebas ecotoxicológicas a escala de laboratorio con los lodos primarios de ambos sistemas (Gaitán-Zamora, 2007)**

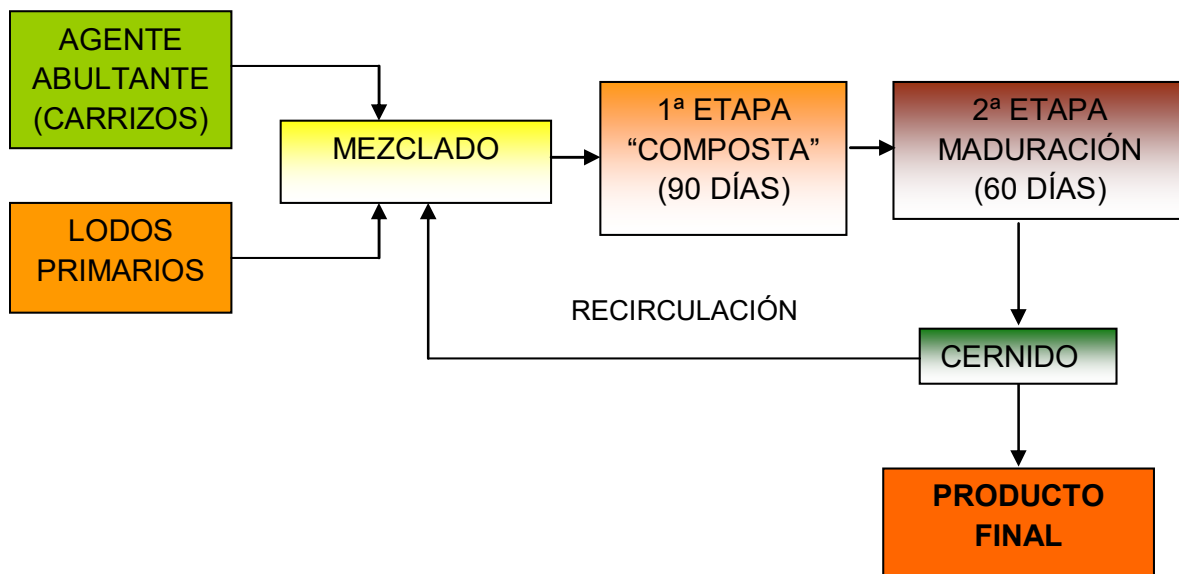
La importancia que han tomado actualmente los humedales artificiales es porque tratan aguas residuales municipales tanto sanitarias como mixtas, industriales, agrícolas o incluso mineras, de una manera más cercana a la natural puesto que se trabaja con el sistema plantas acuáticas o hidrofítas-microorganismos-soporte natural o sintético, transformando los compuestos disueltos o coloidales presentes en el agua contaminada en productos estables más inocuos. Uno de los problemas que se tienen en todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales es el de la acumulación de lodos en el sedimentador primario y, al término de la vida útil del humedal artificial, lo que queda del sistema (plantas y empaque saturado, principalmente). Estos lodos y los materiales sólidos e incluso el material vegetal si tuvo la capacidad de retener componentes tóxicos como metales potencialmente dañinos del humedal que ya terminó su vida útil representan un riesgo ambiental por su composición química y microbiológica. Por eso, se requiere estabilizarlos para que no dañen el entorno y poder darles una disposición final adecuada que puede ser, en el mejor de los casos, un uso agrícola. Para lograr este fin, en esta investigación se hicieron pruebas de biodegradación de los lodos primarios de dos sistemas de humedales artificiales a escala prototipo en reactores de laboratorio siguiendo el método conocido como compostaje empleando como material abultante los residuos foliares que no hayan sido aprovechados para artesanías o venta de las hidrofítas. Se utilizaron 8 reactores de 0.019 m<sup>3</sup> cada uno con diferentes relaciones lodos:biomasa, 1:1 y 1:2, así como sus respectivas repeticiones. El tiempo de reacción fue de 12 semanas y 10 semanas de maduración. Al terminar este periodo se llevaron a cabo pruebas ecotoxicológicas a escala de laboratorio empleando semillas de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) utilizando el producto biodegradado, denominado composta<sup>1</sup>, mezclado con un sustrato compuesto de 150 g de tierra negra comercial –tierra de hoja- y 150 g de arena de mar lavada de grano fino de 0.25-0.30 mm. Los parámetros de evaluación fueron el número de plántulas emergentes (PE) con respecto de las semillas plantadas, la altura de sus tallos (AT) y la longitud de sus raíces (LR) después de un periodo de 28 días. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento para el crecimiento global de las plantas de ambas semillas fue el que se constituyó de sustrato + composta, con lo que se pudo concluir que la composta de lodos primarios de ambos humedales prototipo más residuos foliares y de las cañas de las hidrofítas de los humedales artificiales es un mejorador de suelos adecuado y una opción viable para la estabilización y posterior utilización de los

<sup>1</sup> En el diccionario de la RAE se le llama *compost* pero es una palabra que no se usa en México donde se realizó esta investigación

lodos residuales. A continuación se presentan algunas de las imágenes y textos de la tesis de grado que son ilustrativas de la fase experimental realizada entonces.



**Figura 1. Esquema de un humedal artificial de flujo horizontal**



**Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de compostaje**

Las primeras seis figuras muestran el principio de operación de un humedal artificial típico (Figura 1), incluyendo la cámara de recolección de los llamados residuos primarios objeto de esta parte de la investigación. Sigue el sistema tradicional de compostaje (Figura 2).

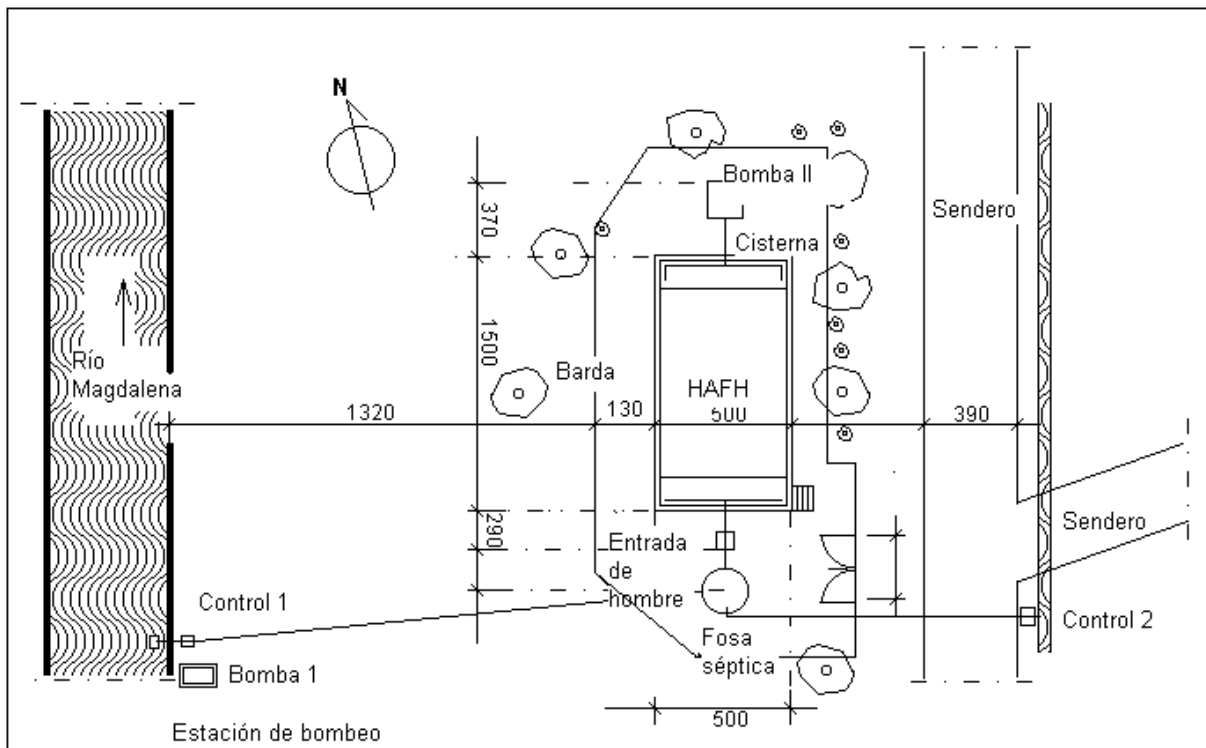
Las fotografías de los sedimentadores primarios de los dos sistemas en estudio, así como los diagramas esquemáticos de los dos sistemas de humedales artificiales considerados y otras fotografías están en las Figuras 3a-f.



**Figura 3a.** Sedimentador primario del humedal artificial de flujo horizontal, HAFH, ubicado en el Vivero Forestal de Coyoacán de la Ciudad de México, México

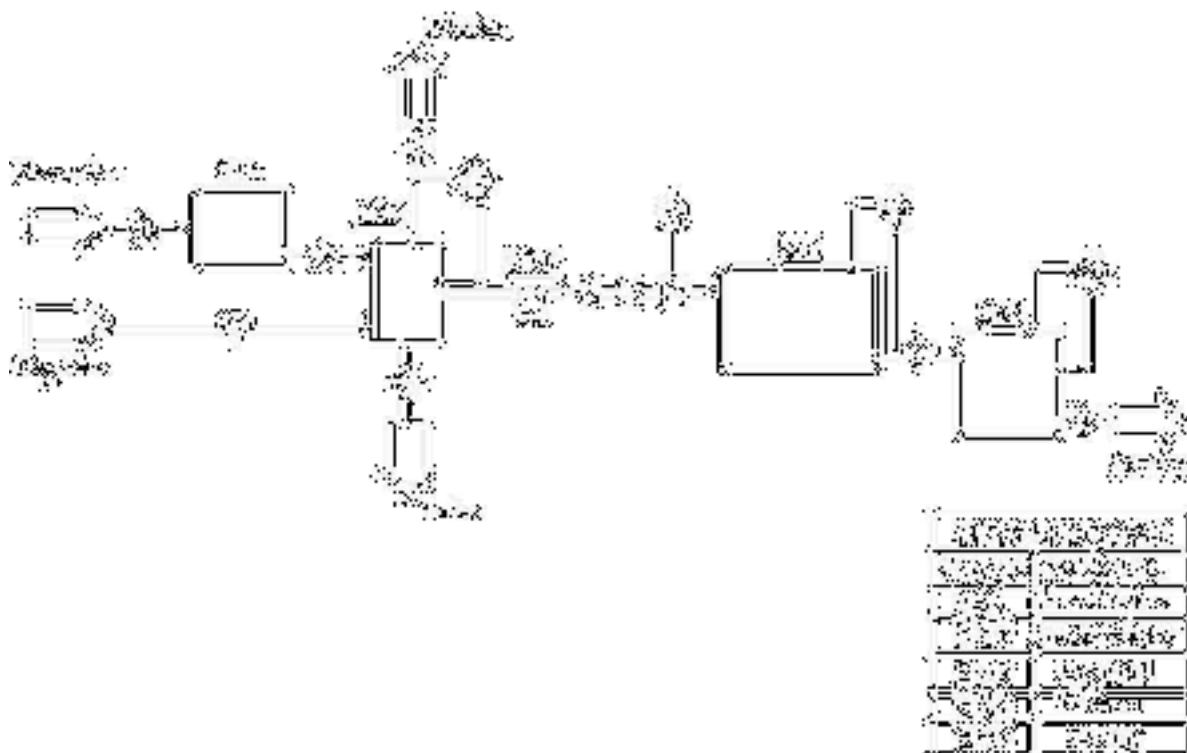


**Figura 3b.** Sedimentador primario del humedal artificial de flujo vertical, HAFV, localizado en la Zona Cultural de la Ciudad Universitaria al sur de la Ciudad de México, México (ya no existe)



**Figura 3c.** Diagrama esquemático del humedal artificial de flujo horizontal, HAFH, que recibe aguas contaminadas del río Magdalena que, como prácticamente todos los ríos que formaban la antigua cuenca lacustre de México, ya no están visibles sino entubados y son usados como colectores de aguas residuales de todos tipos ya que no hay separación de corrientes ni tratamientos específicos para aguas residuales de tipo industrial, hospitalario, etc., en la Ciudad de México

El material para la construcción de ocho reactores de compostaje construidos con recipientes de plástico de bajo costo (Figura 4), así como el diseño experimental de las pruebas de compostaje (Figura 5) de los lodos primarios de ambos humedales prototipo se presentan después, incluyendo la relación carbono:nitrógeno, C/N, de los materiales biodegradados que se muestra en la Figura 6.



**Figura 3d.** Diagrama esquemático del humedal artificial de flujo vertical, HAFV, localizado en la Zona Cultural de la Ciudad Universitaria que recibe agua de las oficinas administrativas aledañas y que cuenta con un sistema primario de separación de lodos que ya existía formado por una fosa séptica (que es vaciada una vez cada seis meses con un transporte conocido como “vector”) y un sedimentador adicional



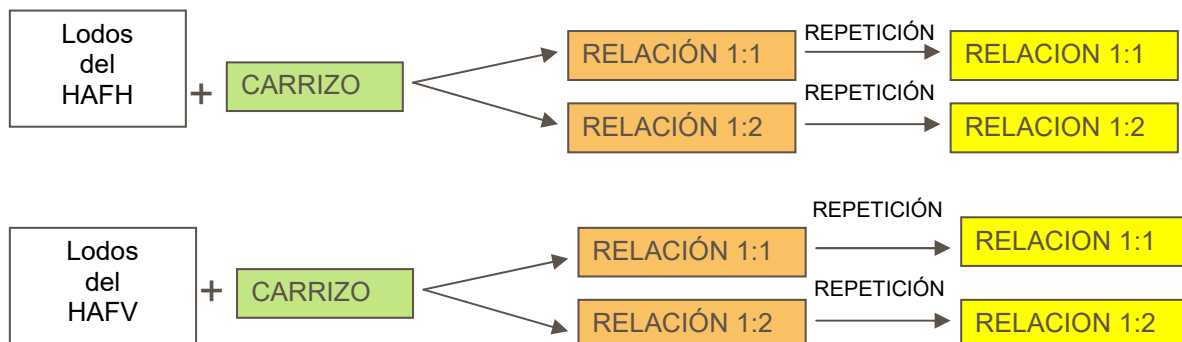
**Figura 3e.** Red de recolección de aguas sanitarias de diferentes oficinas ubicadas en la Zona Cultural de la Ciudad Universitaria (área de más de 500 hectáreas dedicada a la docencia, la investigación y la difusión de la cultura, objetivos de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM)



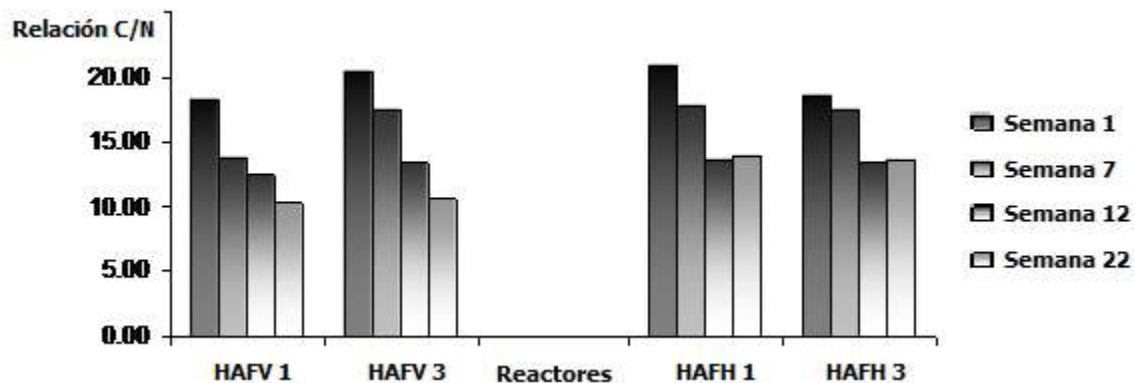
**Figura 3f.** Equipo para reducción de tamaño del material biológico del corte de las hidrofitas del HAFV para preparar la composta objeto de esta investigación experimental y que se usa primordialmente para realizar el compostaje del material vegetal recortado de todas las áreas verdes de la Ciudad Universitaria creando el llamado suelo de hoja ya que esta área estaba cubierta por magma volcánico expulsado por el volcán Xitle ubicado a unos kilómetros al sur de la Ciudad Universitaria hace muchos siglos



**Figura 4.** Material para la construcción de ocho reactores (recipientes de plástico), de 36 cm de altura y 28.5 cm de diámetro (volumen total =  $0.023 \text{ m}^3$  y volumen útil =  $0.0191 \text{ m}^3$ ), con una pendiente mínima ( $3^\circ$ ) soportados en una tabla de madera y cada uno con una tubería de salida para recolectar los lixiviados



**Figura 5.** Diseño experimental para el estudio de las compostas producidas



**Figura 6.** Relación C/N del material de los reactores de composta en estudio (Reactores HAFV 1-relación lodo-carrizo/tule 1:2; HAFV 3-relación lodo-carrizo/tule 1:1; HAFH 1-relación lodo-carrizo 1:2; HAFH 3-relación lodo-carrizo 1:1) [no hubieron diferencias significativas en ninguna de las semanas, considerando un intervalo de confianza de 95 y 99%]

### Estudio ecotoxicológico de los lodos primarios y la composta producida con ellos

Los datos obtenidos de la Tabla 1b comparados con la Tabla 1a indican que la reducción de coliformes fecales fue de dos niveles logarítmicos. La composta resultante rebasa los límites para las clases A y B, pudiendo solamente utilizarse para áreas forestales y usos agrícolas que, para el caso del Vivero Forestal y de la Zona Cultural sería justamente el uso que se le daría. Si se considera el parámetro de los huevos de helmintos, los datos obtenidos indican que las compostas provenientes, tanto de los residuos del sistema de Zona Cultural como del sistema del Vivero Forestal de Coyoacán no pueden emplearse ni en zonas forestales ni agrícolas. Dado que las cantidades de huevos de helminto fueron tan elevadas se realizó una búsqueda bibliográfica para verificar si se han reportado casos similares. En un estudio realizado en Ghana, África, Gallizzi (2003) informó que el contenido de huevos de helmintos, nemátodos principalmente (*Ascaris* y *Trichuris*) eran de 218-265 HH/g ST y que, en fosas sépticas, como es el caso de esta investigación, alcanzaban 242 HH/g ST. La viabilidad de estos huevos de helminto fue de 40 a 82% usando, tanto el método de la safranina, como el de incubación (con algunas ligeras modificaciones al aceptado por la normatividad mexicana, en temperatura y tiempo de incubación). Por esta razón, además de contarlos, en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Química de la UNAM, se llevó a cabo el estudio de viabilidad por incubación, adicionando 1 mL de ácido sulfúrico 0.1N, a 26°C, dejándolos por cuatro semanas.

**Tabla 1a.** Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos según la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 (DOF, 2002)

| CLASE                                            | Indicador bacteriológico de contaminación* | Patógenos                                    | Parásitos                             |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                  | Coliformes fecales<br>NMP/g en base seca   | <i>Salmonella spp.</i><br>NMP/g en base seca | Huevos de helmintos HH/g en base seca |
| A (Usos urbanos con contacto directo al público) | Menor de 1 000                             | Menor de 3                                   | Menor de 1(a)                         |
| B (Usos urbanos sin contacto directo al público) | Menor de 1 000                             | Menor de 3                                   | Menor de 10                           |
| C (Usos forestales y agrícolas)                  | Menor de 2 000 000                         | Menor de 300                                 | Menor de 35                           |

(a) Huevos de helmintos viables

\*NMP número más probable

**Tabla 1b.** Resultados de las pruebas microbiológicas al tiempo cero y al final de la biodegradación,  $t_f$ 

| Reactor                                | Coliformes fecales,<br>NMP/100 cm <sup>3</sup> | Porcentaje de<br>reducción de CF | Huevos de<br>helminto,<br>HH/g ST | Porcentaje de<br>reducción de<br>HH |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>HAFV, <math>t=0</math></b>          | $3 \times 10^6$                                |                                  | 245                               |                                     |
| <b>HAFV 1 (1:2) <math>t=t_f</math></b> | $3 \times 10^4$                                | <b>99.25</b><br>(2 "logs")       | 73                                | <b>70</b>                           |
| <b>HAFV 3 (1:1) <math>t=t_f</math></b> | $9 \times 10^4$                                | <b>97.75</b><br>(2 "logs")       | 77                                | <b>68</b>                           |
| <b>HAFH, <math>t=0</math></b>          | $4 \times 10^6$                                |                                  | 285                               |                                     |
| <b>HAFH 1 (1:2) <math>t=t_f</math></b> | $15 \times 10^4$                               | <b>95</b><br>(2 "logs")          | 133                               | <b>53</b>                           |
| <b>HAFH 3 (1:1) <math>t=t_f</math></b> | $3 \times 10^4$                                | <b>99</b><br>(2 "logs")          | 155                               | <b>46</b>                           |

Este estudio de viabilidad para los huevos de nemátodos encontrados en los lodos y los productos biodegradados mostraron que los huevos de helminto encontrados no fueron viables, es decir, que no se observaron larvas en su interior en un 100% de los casos. Para los lodos de la Zona Cultural, posiblemente el tiempo de residencia mayor a 1 año en el sedimentador primario los hizo inviables y, para el caso del Vivero Forestal de Coyoacán, es posible que algún agente oxidante ya que son aguas mixtas haya estado en contacto con los lodos o que el manejo de este flujo del río Magdalena realizado por el personal del Sistema de Aguas provoque que estos huevos de helmintos sean inviables. Para el caso de las compostas, al ser ya inviables, se podría suponer que no pueden producir larvas. Con base en esto podría plantearse un estudio posterior que permitiera descartar problemas de helmintosis en las personas que manipularan estos materiales. Actualmente, la recomendación es que las personas que manipulan estos residuos usen sistemas de protección personal para garantizar su salud.

El estudio ecotoxicológico, descrito en dos eventos en forma de cartel (Gaitán-Zamora y Durán-de-Bazúa, 2006, 2007) incluyó pruebas de la composta y de los propios lodos sin biodegradar en mezclas con un sustrato, como ya se mencionó al inicio de este documento, para ver su efecto en la emergencia de semillas de dos plantas comestibles mexicanas, el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*), base de la dieta de la mayoría de la población (Tablas 2a,b). Los parámetros de evaluación para las plantas que emergieron de las semillas fueron el número de plántulas emergentes (PE) con respecto del total de semillas sembradas, la altura de sus tallos (AT) y la longitud de sus raíz (LR) al final del experimento (28 días) (Figuras 6a,b).

**Tabla 2a.** Contenido de las macetas para el estudio ecotoxicológico de la composta producida como mejorador de suelos

| Contenido                                     | Materiales |               |             | Macetas               |              |
|-----------------------------------------------|------------|---------------|-------------|-----------------------|--------------|
|                                               | Sustrato   | Lodo agregado |             |                       |              |
|                                               |            | Base seca     | Base húmeda | Equivalencia          |              |
| <b>Sustrato</b> (50% tierra negra+ 50% arena) | 300 g      | -             | -           | -                     | 3 3          |
| <b>Sustrato</b> + composta HAFV               | 300 g      | 31.4 g        | 143 g       | 40 t ha <sup>-1</sup> | 3 3          |
| <b>Sustrato</b> + lodo HAFV                   | 300 g      | 31.4 g        | 298 g       | 40 t ha <sup>-1</sup> | 3 3          |
| <b>Sustrato</b> + composta HAFH               | 300 g      | 31.4 g        | 97.92 g     | 40 t ha <sup>-1</sup> | 3 3          |
| <b>Sustrato</b> + lodo HAFH                   | 300 g      | 31.4 g        | 144 g       | 40 t ha <sup>-1</sup> | 3 3          |
| <b>Total de macetas</b>                       |            |               |             |                       | <b>15 15</b> |

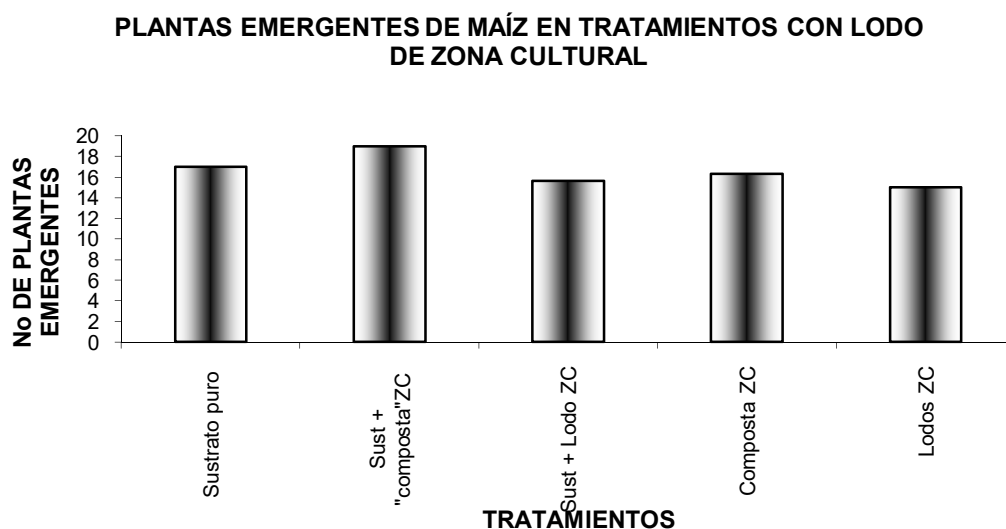
**Tabla 2b.** Tratamientos adicionales de composta al inicio y término de su proceso de degradación

| Contenido                 | Cantidades en base húmeda       | Macetas   |           |
|---------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
|                           |                                 | Maíz      | Frijol    |
| Composta HAFV             | 143 g                           | 3         | 3         |
| Lodo HAFV + carrizo (1:1) | 100 g lodo + 100 g carrizo/tule | 3         | 3         |
| Composta HAFH             | 97.92 g                         | 3         | 3         |
| Lodo HAFH + carrizo (1:1) | 100 g lodo + 100 g carrizo/tule | 3         | 3         |
| <b>Total de macetas</b>   |                                 | <b>12</b> | <b>12</b> |

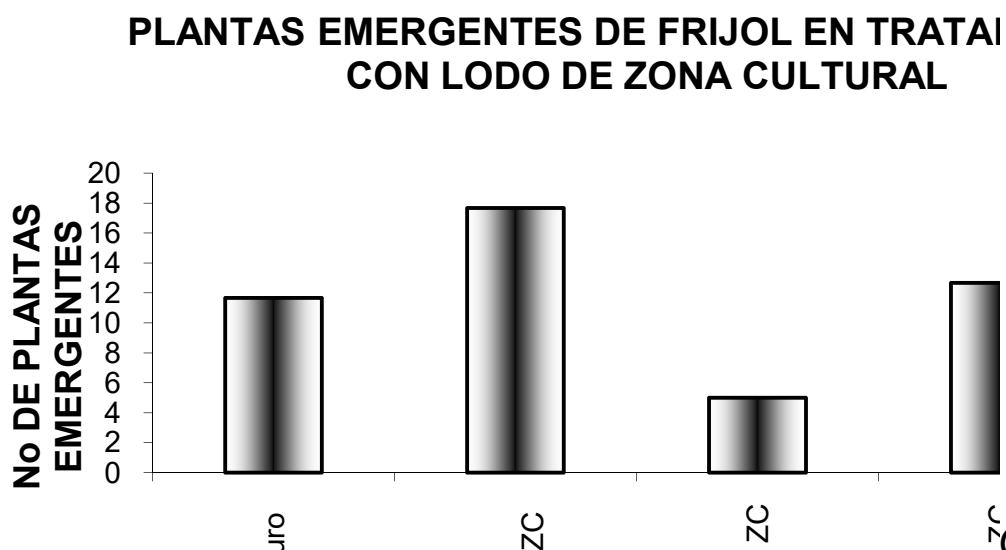
**Figura 6a.** Acercamiento a las macetas sembradas con maíz y frijol con los distintos tipos de tratamientos (Tablas 2a,b)

**Figura 6b.** Las 54 macetas se sembraron con 20 semillas de variedades genéticas relativamente homogéneas, desde el punto de vista de su variabilidad genotípica. El maíz de variedad chalqueño blanco criollo provino del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Química de la UNAM (del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP) y las de frijol variedad OTI del Colegio de Posgraduados (Montecillo, Texcoco, México), también de variedades mejoradas del INIFAP (Estrada-Gómez et al., 2004). Se les agregó agua desionizada en la duración del experimento. Se adicionó el agua pesando las macetas o reactores diariamente y la cantidad agregada mantenía la masa original constante para evitar el problema de evapotranspiración (Miralles-de-Imperial et al., 1994, 2002). Se colocaron en el costado de un vivero ubicado en Jiutepec, Morelos, México, donde la temperatura promedio ambiental era de 21°C (clima semicálido)

El número de plantas de maíz y frijol que emergieron en cada reactor (macetas) fueron distintas para cada uno de los cinco tratamientos evaluados y para cada semilla (Figuras 7a-d). En los tratamientos en los que se utilizó el lodo del sedimentador primario del HAFV de la Zona Cultural (HAFV), ya sea crudo o biodegradado, se observó que, tanto para el frijol como para el maíz, el tratamiento que dio los valores más altos resultado fue el que estaba conformado por sustrato + composta, ya que emergieron 19 y 18 plántulas de las 20 semillas que se sembraron, respectivamente. Para el maíz (Figura 7a), el número de plántulas que emergieron no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (entre 15 y 17). Al realizar el análisis de varianza para la emergencia de las semillas de maíz, se observó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con un factor  $F^*=1.87$  y una  $p=0.1932$  para un intervalo de confianza de 95%. En las semillas de frijol (Figura 7b), se observó que el tratamiento con lodo crudo y material abultante es el menos favorable, seguido del tratamiento con sustrato + lodo.



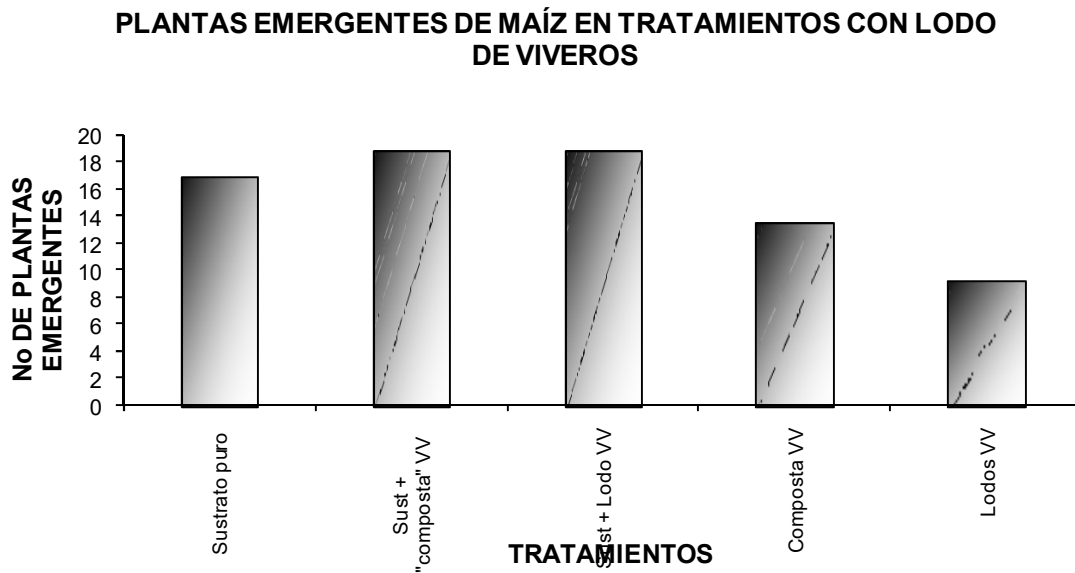
(a) Maíz



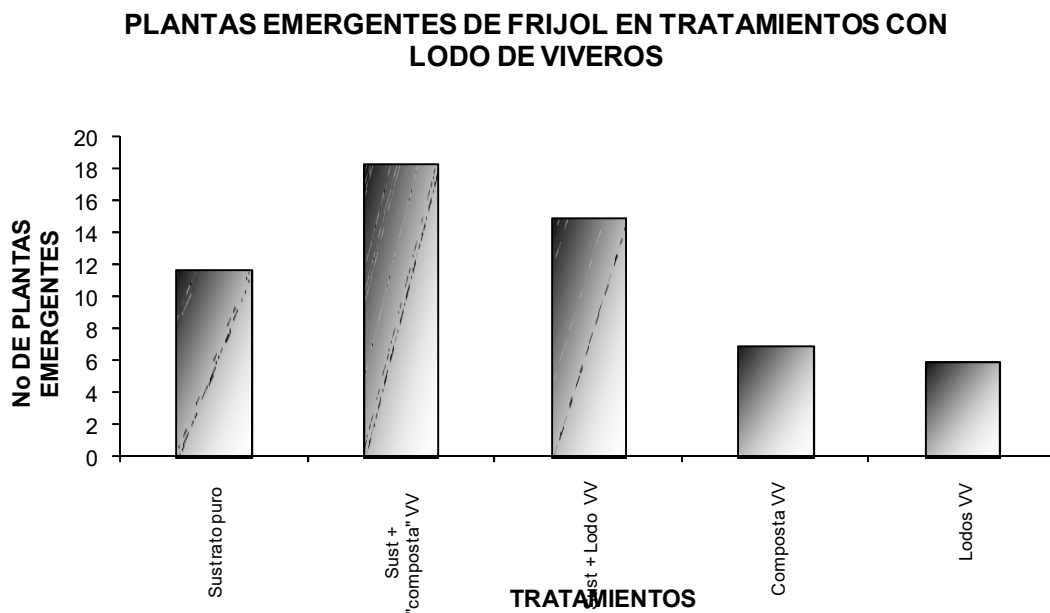
(b) Frijol

**Figura 7.** Resultado del número de plantas emergentes en los tratamientos utilizando composta y lodo de Zona Cultural (HAFV) al término de la experimentación con maíz y frijol

El tratamiento con composta (sin sustrato) y el tratamiento con sustrato dieron resultados similares (12 semillas germinadas), lo que significa que para el frijol estos dos tratamientos tienen el ambiente adecuado para su germinación y crecimiento. Es interesante observar que si la composta se utiliza como mejorador de suelos se obtienen resultados más favorables (18 semillas germinadas).



**Figura 7c. Maíz**



**Figura 7d. Frijol**

Resultado del número de plantas emergentes de en los tratamientos utilizando lodos (crudo y como composta) de Viveros de Coyoacán (HAFH) al término de la experimentación

Cuando se realizó el análisis de varianza de la variabilidad de la respuesta de las plantas emergentes de la semilla del frijol en los tratamientos con lodos de los sedimentadores primarios del HAFV de la

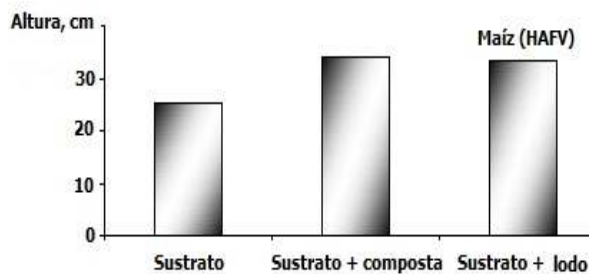
Zona Cultural (Figuras 3b,d,e), se observó que sí existen diferencias significativas entre todos los tratamientos con un  $F^*=16.07$  y una  $p=0.0002$ , en un intervalo de confianza del 95%. Esto indicaría que las semillas de maíz son menos sensibles a su entorno que las de frijol (para el estudio con lodos primarios del HAFV de la Zona Cultural). En los tratamientos donde se utilizaron lodos del sedimentador de Viveros de Coyoacán (HAFH), respecto del número de plantas de maíz que emergieron (Figura 7c), se observó que los tratamientos que dieron mejor resultado fueron los que se realizaron con sustrato + "composta" y sustrato + lodo, estando por arriba del sustrato. El tratamiento más desfavorable fue en el que se utilizó el lodo crudo seguido del tratamiento de composta, lo que indica que es necesario tener un sustrato para el crecimiento del maíz y agregarle algún mejorador, ya sea la composta o el lodo crudo. Sin embargo, para utilizar el lodo crudo sin ningún tratamiento previo debe cumplir con la normatividad vigente, lo que no ocurre en este caso. Cuando se realizó el análisis de varianza de la variabilidad de la respuesta de las plantas emergentes en los tratamientos con los lodos de Viveros de Coyoacán sembrados con semillas de maíz, se obtuvo un  $F^*=7.58$  y una  $p=0.0045$  lo que indica que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados a un  $\alpha = 0.05$ . Para las plántulas de frijol, en los tratamientos donde se utilizaron lodos del sedimentador de Viveros de Coyoacán (HAFH), se observó que los tratamientos que dieron mejor resultado de emergencia (Figura 7d), fueron los que utilizaron el sustrato + composta, seguido por el que contenía el sustrato + lodo crudo, indicando mejores resultados que los que contenían el sustrato únicamente. Los tratamientos que contenían composta y los de lodo + carrizos/tules pueden indicar que en ellos era necesario que tuvieran un sustrato para que absorbiera el contenido de humedad y así evitar que se llegaran a pudrir las semillas o a inhibir su germinación. Para el análisis de varianza de las semillas de frijol se obtuvo un valor de  $F^*=6.06$  y una  $p=0.0096$  lo que también indica que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos en un intervalo de confianza de 95%. Esto plantea la bondad de la composta como mejorador de suelos para ambos tipos de semillas, precisamente por su capacidad de retención de la humedad.

### **Características físicas de las plántulas**

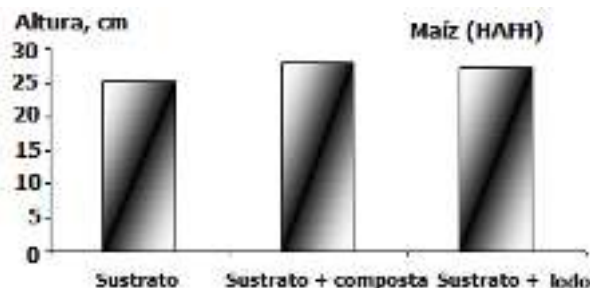
#### ***Altura de los tallos (AT)***

Para los resultados obtenidos con respecto de las alturas alcanzadas por las plantas con los tres diferentes tratamientos se observó que para los materiales provenientes de la Zona Cultural (HAFV), el tratamiento con el que se obtuvieron mejores resultados respecto al maíz fueron los que contenían sustrato + composta, seguido del sustrato + lodo (Figura 8a) y siendo el más desfavorable el sustrato. Esto puede indicar que añadirle un mejorador al suelo a utilizar es una opción viable para mejorar los cultivos de maíz. Cuando se realizó el análisis de varianza de las respuestas de la altura de las plantas de la semilla del maíz en los tratamientos con lodos y composta de la Zona Cultural, se observó que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos con un  $F^*=23.12$  y una  $p=0.0015$ , en un intervalo de confianza del 95%. Esto indica la bondad de su uso como mejorador. En los resultados correspondientes al frijol (Figura 8b), se observó que los tratamientos con sustrato y sustrato + composta fueron similares, estando ligeramente más altas las plantas en las que el soporte era sustrato + lodo. Sin embargo, al realizar el análisis de varianza se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con un valor de  $F^*=0.90$  y una  $p=0.4552$  para un intervalo de confianza de 95%. En las plantas sembradas en los tratamientos que contenían lodo de Viveros de Coyoacán, HAFH (Figura 8c), se observó, con respecto de las semillas de maíz, que el que contenía sustrato + "composta" tuvo alturas de tallo superiores a los otros dos tratamientos, siendo el más desfavorable el sustrato sin ningún agregado. Cuando se realizó el análisis de varianza de la variabilidad de la respuesta de la altura de las plantas de la semilla del maíz en los tratamientos con lodos y composta de Viveros de Coyoacán (HAFH), se observó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos que se evaluaron, con un  $F^*=1.37$  y una  $p=0.3241$ , en un intervalo de confianza del 95%. Con respecto a las alturas de los tallos alcanzadas por las semillas de frijol (Figura 8d), se observó un comportamiento similar a las semillas de maíz siendo el mejor tratamiento el que contenía sustrato + composta. Cuando se realiza el análisis de varianza para la variabilidad de la respuesta de las alturas de las plantas que emergieron de la semilla de frijol, se observó que tampoco

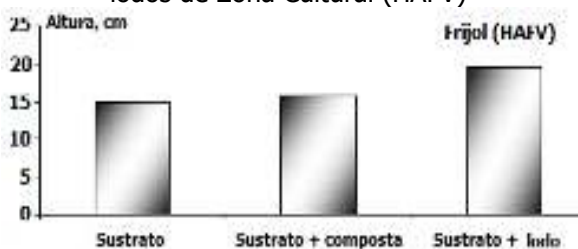
existen diferencias significativas entre los tratamientos con un  $F^*=3.09$  y una  $p=0.1193$  para un intervalo de confianza de 95%.



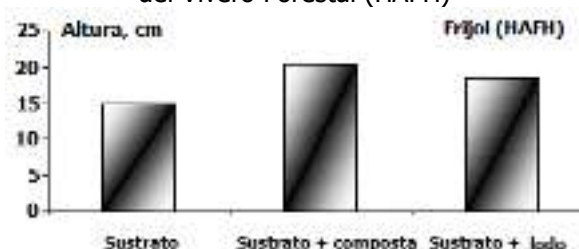
**Figura 8a.** Altura del tallo de las plantas de maíz de los tratamientos utilizando composta y lodos de Zona Cultural (HAFV)



**Figura 8c.** Altura del tallo de las plantas de maíz de los tratamientos utilizando composta y lodos del Vivero Forestal (HAFH)



**Figura 8b.** Altura del tallo de las plantas de frijol de los tratamientos utilizando composta y lodos de Zona Cultural (HAFV)

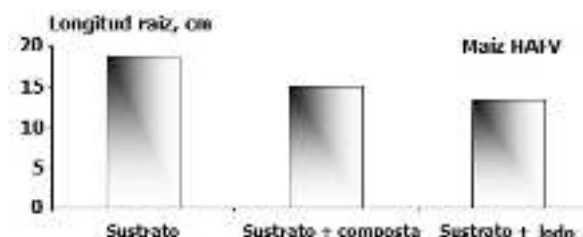


**Figura 8d.** Altura del tallo de las plantas de frijol de los tratamientos utilizando composta y lodos del Vivero Forestal (HAFH)

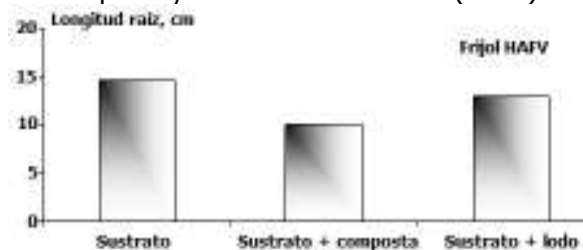
### **Longitud de la raíz (LR)**

En los resultados obtenidos de la longitud de la raíz, LR, de las plantas de maíz con respecto a los tratamientos con lodos de Zona Cultural, HAFV (Figura 9a), las que tuvieron mayor longitud de sus raíces fueron las plantas que estaban en sustrato puro, sin agregarle ningún mejorador. Esto podría indicar que las raíces tuvieron necesidad de expandirse o crecer más para obtener sus requerimientos necesarios de nutrimentos (Ávila et al., 2003). Al realizarse el análisis de varianza de la variabilidad de la respuesta de la longitud de las raíces de las plantas de la semilla del maíz en los tratamientos con lodos de Zona Cultural (HAFV), se observó que sí existen diferencias significativas entre el sustrato puro y las demás combinaciones con un  $F^*=14.36$  y una  $p=0.0052$ , en un intervalo de confianza del 95%. Para el caso de las semillas de frijol (Figura 9b), también se observó que las longitudes mayores eran las que estaban en el sustrato puro, seguidas de los tratamientos con sustrato puro + lodo y, por último, el sustrato puro + "composta", lo que estaría explicado por la suposición de que las longitudes de las raíces son consecuencia de la disponibilidad de los nutrimentos que requieren. Cuando se realizó el análisis de varianza para la semilla de frijol, con respecto de la respuesta de la longitud de las raíces de las plantas que emergieron, se observó que también existen diferencias significativas entre los tratamientos con un valor de  $F^*=6.04$  y una  $p=0.0365$  para un intervalo de confianza de 95%. Una mayor longitud en la raíz principal implica, por una parte, mayor volumen de exploración en el suelo para la búsqueda de agua y nutrimentos y, por otra, un mayor anclaje (Ávila et al., 2003). Esto indicaría que la adición de otros componentes al sustrato puro haría las raíces menos grandes (pudiendo la planta obtener los mismos nutrimentos con menos "gasto energético"). Para las longitudes de la raíz de las semillas de maíz (Figura 9c), los tratamientos con lodos y composta de Viveros de Coyoacán (HAFH), se observó que, al igual que con los lodos y composta de Zona Cultural (HAFV), las mayores longitudes fueron los reactores con sustrato únicamente, tanto para las plántulas de maíz como para las de frijol. Sin embargo, al realizar el análisis de varianza para maíz no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que se evaluaron, obteniéndose un valor de  $F^*=4.29$  y una  $p=0.0697$  en un intervalo de confianza del 95%. En los reactores sembrados con semillas de frijol (Figura 9d), se encontró que los otros dos tratamientos tenían valores iguales lo

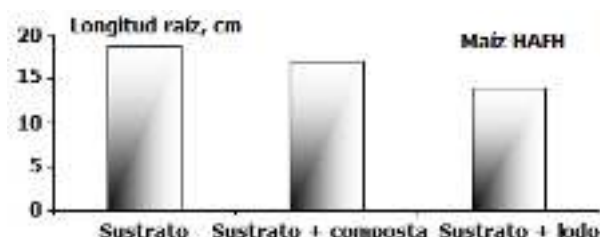
que puede indicar que tenían suficientes nutrientes en el sustrato para que las raíces no tuvieran que crecer más de lo necesario. Cuando se realiza el análisis de varianza para la semilla de frijol, para la respuesta de la longitud de las raíces se observó que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos con un  $F^*=7.68$  y una  $p=0.0222$  para un intervalo de confianza de 95%, lo que puede indicar que las raíces se alargaron para tener mejor disponibilidad de los nutrientes en el sustrato puro, por lo que se recomienda utilizar un mejorador de suelos para que la energía de la planta se concentre en el crecimiento y desarrollo de su morfología y no en la búsqueda de sus requerimientos.



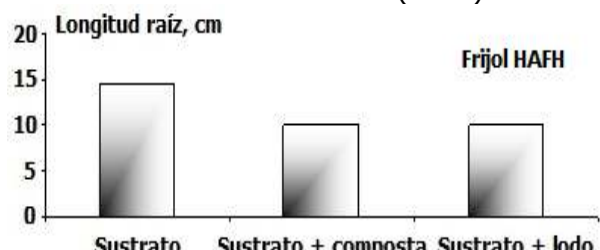
**Figura 9a.** Longitud de la raíz de las plantas del maíz de los tratamientos utilizando composta y lodo de Zona Cultural (HAFV)



**Figura 9b.** Longitud de la raíz de las plantas del frijol de los tratamientos utilizando composta y lodo de Zona Cultural (HAFV)



**Figura 9c.** Longitud de la raíz de las plantas del maíz de los tratamientos utilizando composta y lodo del Vivero Forestal (HAFH)



**Figura 9d.** Longitud de la raíz de las plantas del frijol de los tratamientos utilizando composta y lodo del Vivero Forestal (HAFH)

### Estimación de la cantidad de subproductos (lodos primarios) en los humedales en estudio

Según la literatura (Metcalf y Eddy, 2003), se tiene una acumulación de lodos en cualquier sedimentador primario de aguas residuales municipales de: 0.15 kg lodos secos/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, para obtener la cantidad de lodos secos producidos en los sedimentadores de los dos humedales artificiales en estudio, se tiene para el de los Viveros de Coyoacán (HAFH) (Rodríguez y Varela, 2003):

$$0.15 \frac{\text{kg lodos secos}}{\text{m}^3} \times 5.37 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 0.8 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \times 182.5 \frac{\text{d}}{\text{semestre}} = \mathbf{147 \frac{kg \text{ lodos secos}}{\text{semestre}}}$$

y para la Zona Cultural (HAFV) (Rodríguez y Varela, 2003):

$$0.15 \frac{\text{kg lodos secos}}{\text{m}^3} \times 0.4 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 0.06 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \times 182.5 \frac{\text{d}}{\text{semestre}} = \mathbf{10.95 \frac{kg \text{ lodos secos}}{\text{semestre}}}$$

ya que el corte de las hidrofitas se hace semestralmente en otoño y primavera.

Considerando el % de humedad de los lodos del sedimentador primario de la planta de la Zona Cultural (HAFV) y del de los Viveros de Coyoacán (HAFH) determinados en esta investigación se obtiene la cantidad de lodo húmedo producido (% Humedad Zona Cultural = 99.12 % y % Humedad Viveros de Coyoacán = 78.16 %). En la Tabla 3 se presenta la información estimada para tener el total de lodos producidos semestralmente y con ella calcular el área necesaria para las pilas de composta de cada sistema de humedales artificiales.

**Tabla 3. Masa de lodos producidos, en kg/semestre**

| ZONA CULTURAL (HAFV)       |                                 | VIVEROS (HAFH)             |                              |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| LODO SECO<br>(kg/semestre) | LODO<br>HÚMEDO<br>(kg/semestre) | LODO SECO<br>(kg/semestre) | LODO HÚMEDO<br>(kg/semestre) |
| 10.95                      | <b>1244.31</b>                  | 147                        | <b>673</b>                   |

Para obtener las proporciones adecuadas de lodo y carrizo al inicio del compostaje con un contenido de humedad óptimo se realiza lo siguiente: Se tienen las cantidades de lodo generadas por el sistema. Entonces, como se vio en la experimentación que la proporción 1:1 puede ser adecuada (ya que no hay diferencia significativa entre las dos proporciones estudiadas), se mezcla con la misma cantidad en masa del material abultante, es decir de hojarasca y tallos de hidrofita cortadas. Se propone un porcentaje de humedad óptimo de entrada (lo que se quiere obtener es el contenido de humedad del carrizo o tule para que la mezcla tenga el contenido de humedad propuesto). El porcentaje óptimo de humedad de la mezcla es de 60%.

***Proporciones adecuadas para la composta del HAFH de los Viveros de Coyoacán***

A continuación se mencionan las masas iniciales propuestas de lodo y material vegetal, así como su porcentaje de humedad y sólidos totales iniciales. En la mezcla se propone un porcentaje óptimo de humedad de 60% (Maynard, 2000; Negro et al., 2000):

|              | Masa, kg | % Humedad | % ST      |
|--------------|----------|-----------|-----------|
| Lodo         | 673      | 78.12     | 21.88     |
| Carrizo/Tule | 673      | 70.45     | 29.55     |
| Mezcla       | 1346     | <b>60</b> | <b>40</b> |

Con la siguiente fórmula se obtiene el porcentaje de sólidos totales de material vegetal necesario para que la mezcla tenga el valor propuesto:

$$P_{\text{MEZCLA}} \times \% \text{ ST}_{\text{MEZCLA}} = P_{\text{CARRIZO/TULE}} \times \% \text{ ST}_{\text{CARRIZO/TULE}} + P_{\text{LODO}} \times \% \text{ ST}_{\text{LODO}} \quad (1)$$

Despejando el % de ST del material vegetal y sustituyendo los valores se obtiene:

$$\% \text{ ST}_{\text{CARRIZO/TULE}} \text{ necesarios} = 0.58$$

y aplicando la fórmula para calcular la masa del material vegetal (Negro et al., 2000):

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Masa del agua}_{\text{CARRIZO/TULE}} \times \text{Masa}_{\text{CARRIZO/TULE}} + \text{Masa del agua}_{\text{LODO}} \times \text{Masa}_{\text{LODO}}}{\text{Masa}_{\text{CARRIZO/TULE}} + \text{Masa}_{\text{LODO}}} \quad (2)$$

1 kg carrizo o tule contiene:

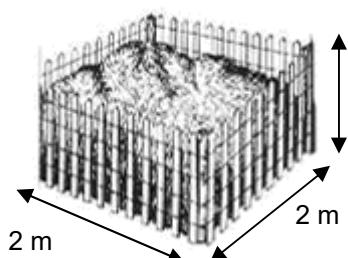
Contenido de humedad: 42 %  
Masa de agua: 0.40 kg  
Masa de materia seca: 0.60 kg

1 kg lodo VV contiene:

Contenido de humedad: 78.12 %  
Masa de agua: 0.78 kg  
Masa de materia seca: 0.22 kg

% de humedad deseado de la mezcla: 60

Despejando la masa del material vegetal y sustituyendo valores se obtiene que para 1 kg de lodo se necesita: Cantidad de carrizo/tule = 1 kg, manteniendo la proporción 1:1 lodo-carrizo/tule, cuando se adiciona el carrizo/tule secado al sol (sin problemas sanitarios) hasta alcanzar un porcentaje de humedad del 42%. Para obtener las dimensiones de las pilas de composta se calcula el volumen necesario de la siguiente manera: La densidad aparente del material vegetal es de  $0.157 \text{ ton/m}^3$ , la cual se obtuvo considerando que 3 kg ocupan  $0.0191 \text{ m}^3$ , por lo que el volumen que ocupa el carrizo/tule es de  $4.3 \text{ m}^3$  y considerando la densidad aparente del lodo igual a  $1 \text{ ton/m}^3$  (la del agua), se requieren  $0.673 \text{ m}^3$ . Sumando los volúmenes obtenidos del lodo y el carrizo/tule se necesitan  $5 \text{ m}^3$ . Se da un margen de seguridad del 50% para la realización de las labores de mezclado, entonces el volumen que se requiere es de  $7.5 \text{ m}^3$  (Figura 10a). Las dimensiones propuestas para una pila de composta cúbica serían  $8 \text{ m}^3$ .



**Figura 10a.** Dimensiones de una pila de composta cúbica

Los balances de masa son los siguientes (Ramírez-Camperos, 2006):

|                       | Masa<br>kg | %<br>Humedad | % ST  | Masa seca,<br>kg | %<br>cenizas | % sólidos<br>volátiles | SV <sub>bio</sub><br>kg | Agua   |
|-----------------------|------------|--------------|-------|------------------|--------------|------------------------|-------------------------|--------|
| Lodo                  | 673        | 78.12        | 21.88 | 147.25           | 75.01        | 24.99                  | 18.39                   | 525.74 |
| Carrizo/Tule          | 673        | 42           | 58    | 198.87           | 7.71         | 92.29                  | 110.12                  | 282.66 |
| Mezcla                | 1346       | 41           | 59    | 346.12           | -            | -                      | 128.52                  | 808.41 |
| Composta<br>terminada | 362.6      | 40           | 60    | 217.60           | -            | -                      | -                       | 145.06 |

El agua evaporada durante la biodegradación o compostaje =  $808.41 - 145.06 = 663.34 \text{ kg}$

Los sólidos volátiles biodegradables: Lodo = 50% y material vegetal = 60%

$$SV_{\text{biodegradables}} = \% \text{Biodegradabilidad} \times \% \text{SV} \times \text{Masa seca} \quad (3)$$

$$SV_{\text{lodo}} = 0.50 \times 0.2499 \times 147.25 = 18.39 \text{ kg}$$

$$SV_{\text{carrizo}} = 0.60 \times 0.9229 \times 198.87 = 110.12 \text{ kg}$$

Cantidad de composta terminada en base seca = 217.60 kg

Cantidad de composta con 60% de sólidos = 362.67 kg

Cantidad de agua en la composta = 145.06 kg

### **Proporciones adecuadas para la "composta" del HAFV de la Zona Cultural**

Para obtener las proporciones adecuadas de la pila de composta del HAFV de la Zona Cultural se necesita tener una mezcla inicial con un porcentaje de humedad óptimo. La humedad de estos lodos es muy elevada, 99%, ya que los lodos que se "atrapan" en este segundo sedimentador primario son solamente los que alcanzan a "escapar" de la fosa séptica ubicada aguas arriba (Figura 3e), por lo que primeramente se deberían desecar los lodos para ajustar su contenido de humedad a 80%. Una de las opciones para desaguar los lodos es instalar un lecho de secado. Esta opción no es viable por el peligro que representa para la salud pública. El secado del compuesto abultante, que es el que no

genera problemas de salud es insuficiente para compensar el elevado contenido de humedad de los lodos que se generan en el segundo sedimentador primario para alcanzar el contenido de humedad óptima de la mezcla, 60%. Como este sistema se encuentra ubicado junto a la plancha de composta de la Ciudad Universitaria es posible tomar parte del material de las áreas verdes de la Ciudad Universitaria para completar el contenido de material abultante. Por otro lado, cuando el equipo "vactor" que utiliza la Dirección General de Conservación de la UNAM para desazolver la fosa séptica, pueden estabilizarse esos lodos en la propia planta de composta de la UNAM en vez de verterlos a los drenajes de la Ciudad de México. A continuación se mencionan las masas iniciales propuestas de lodo y material vegetal, así como su porcentaje de humedad y sólidos totales iniciales. En la mezcla se propone un porcentaje de humedad de 60%.

|                  | Cantidad<br>kg | %<br>Humedad | % ST      |
|------------------|----------------|--------------|-----------|
| Lodo*            | 1244.31        | 80           | 20        |
| Material vegetal | 1244.31        | 70.45        | 29.55     |
| Mezcla           | 2488.62        | <b>60</b>    | <b>40</b> |

\*Tomando el lodo desazolvado de la fosa séptica (Figura 3d)

Con la siguiente fórmula se obtiene el porcentaje de sólidos totales del carrizo necesario para que la mezcla tenga el valor propuesto:

$$M_{\text{MEZCLA}} \times \% \text{ ST}_{\text{MEZCLA}} = M_{\text{MATERIAL VEGETAL}} \times \% \text{ ST}_{\text{MATERIAL VEGETAL}} + M_{\text{LODO}} \times \% \text{ ST}_{\text{LODO}} \quad (4)$$

donde M es la masa de cada componente. Despejando el % de ST del material vegetal y sustituyendo los valores se obtiene:  $\% \text{ ST}_{\text{MATERIAL VEGETAL}} \text{ necesarios} = 0.60$ . Y ahora, aplicando la fórmula (Negro et al., 2000) para calcular la masa de materia vegetal (ecuación 2) y despejando la masa de carrizo y sustituyendo valores se obtiene que para 1 kg de lodo se necesita: Cantidad de carrizo = 1 kg, manteniendo la proporción 1:1 lodo-carrizo/tule.

1 kg carrizo contiene:

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| Contenido de humedad:              | 40 %    |
| Masa de agua:                      | 0.40 kg |
| Masa de materia seca:              | 0.60 kg |
| % de humedad deseado de la mezcla: | 60      |

1 kg lodo VV contiene:

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| Contenido de humedad: | 80 %    |
| Masa de agua:         | 0.80 kg |
| Masa de materia seca: | 0.20 kg |

Para obtener las dimensiones de la pila de composta se calcula el volumen necesario de la misma forma que la anterior: La densidad aparente del material vegetal es de  $0.157 \text{ ton/m}^3$ , por lo que el volumen que ocupa el carrizo es de  $8 \text{ m}^3$  y considerando la densidad aparente del lodo igual a  $1 \text{ ton/m}^3$  se requieren  $1.244 \text{ m}^3$ . Sumando los volúmenes obtenidos del lodo y el material vegetal se necesitan  $9.244 \text{ m}^3$ . Se da un margen de seguridad del 50% para la realización de las labores de mezclado, requiriendo un volumen de  $13.86 \text{ m}^3$  con las dimensiones propuestas para una pila de "composta" cilíndrica de 3 m de diámetro y 2 m de altura (Figura 10b). Los balances de masa son los siguientes (Ramírez-Camperos, 2006):

|                  | Masa,<br>kg | % Humedad | % ST | Masa seca,<br>kg | % cenizas | % sólidos volátiles | SV <sub>bio</sub><br>kg | Agua kg |
|------------------|-------------|-----------|------|------------------|-----------|---------------------|-------------------------|---------|
| Lodo             | 1244.33     | 80        | 20   | 248.86           | 60.57     | 39.43               | 49.06                   | 995.46  |
| Material vegetal | 1244.33     | 40        | 60   | 198.87           | 7.710     | 92.29               | 110.12                  | 497.73  |
| Mezcla           | 2488.66     | 60        | 40   | 447.74           |           |                     | 159.19                  | 1493.19 |

|                       | Masa,<br>kg | % Humedad | %<br>ST | Masa seca,<br>kg | %<br>cenizas | % sólidos<br>volátiles | SV <sub>bio</sub><br>kg | Agua kg |
|-----------------------|-------------|-----------|---------|------------------|--------------|------------------------|-------------------------|---------|
| Composta<br>terminada | 510.86      | 40        | 60      | 288.55           |              |                        | -                       | 192.36  |

Agua evaporada durante la biodegradación o compostaje =  $1493.19 - 192.36 = 1300$  kg. Cálculo de sólidos volátiles biodegradables: Biodegradabilidad del lodo = 50%, biodegradabilidad del material vegetal = 60% y la ecuación 3 dan los siguientes valores:

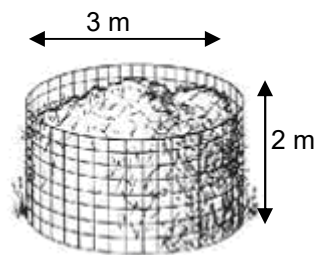
$$SV_{\text{lodo}} = 0.50 \times 0.3943 \times 248.86 = 49.06 \text{ kg}$$

$$SV_{\text{carrizo}} = 0.60 \times 0.9229 \times 198.87 = 110.12 \text{ kg}$$

Cantidad de composta terminada en base seca = 288.55 kg

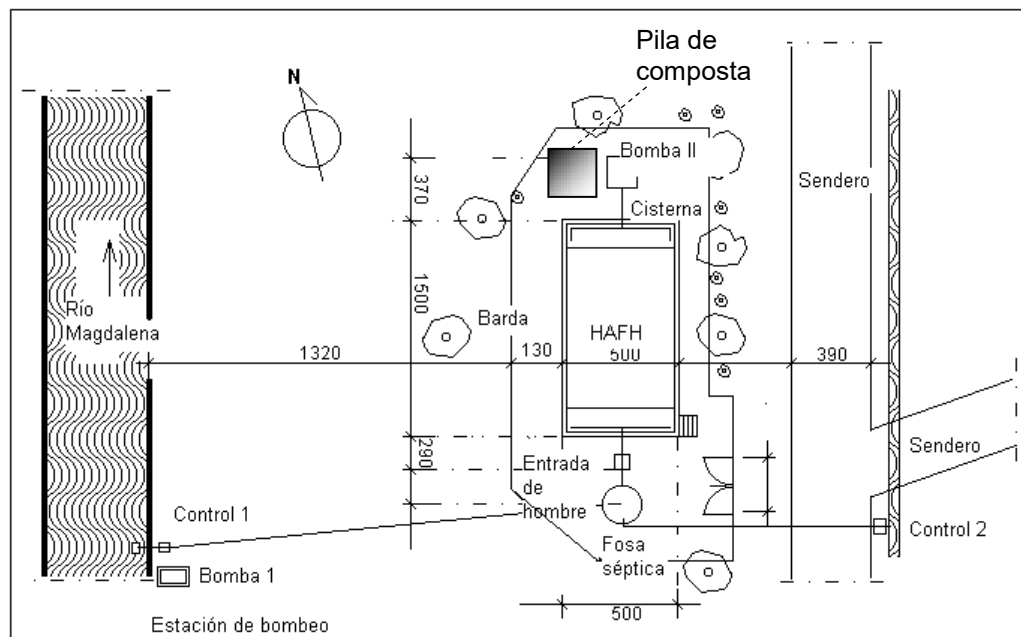
Cantidad de composta con 60% de sólidos = 510.86 kg

Cantidad de agua en la composta = 192.36 kg

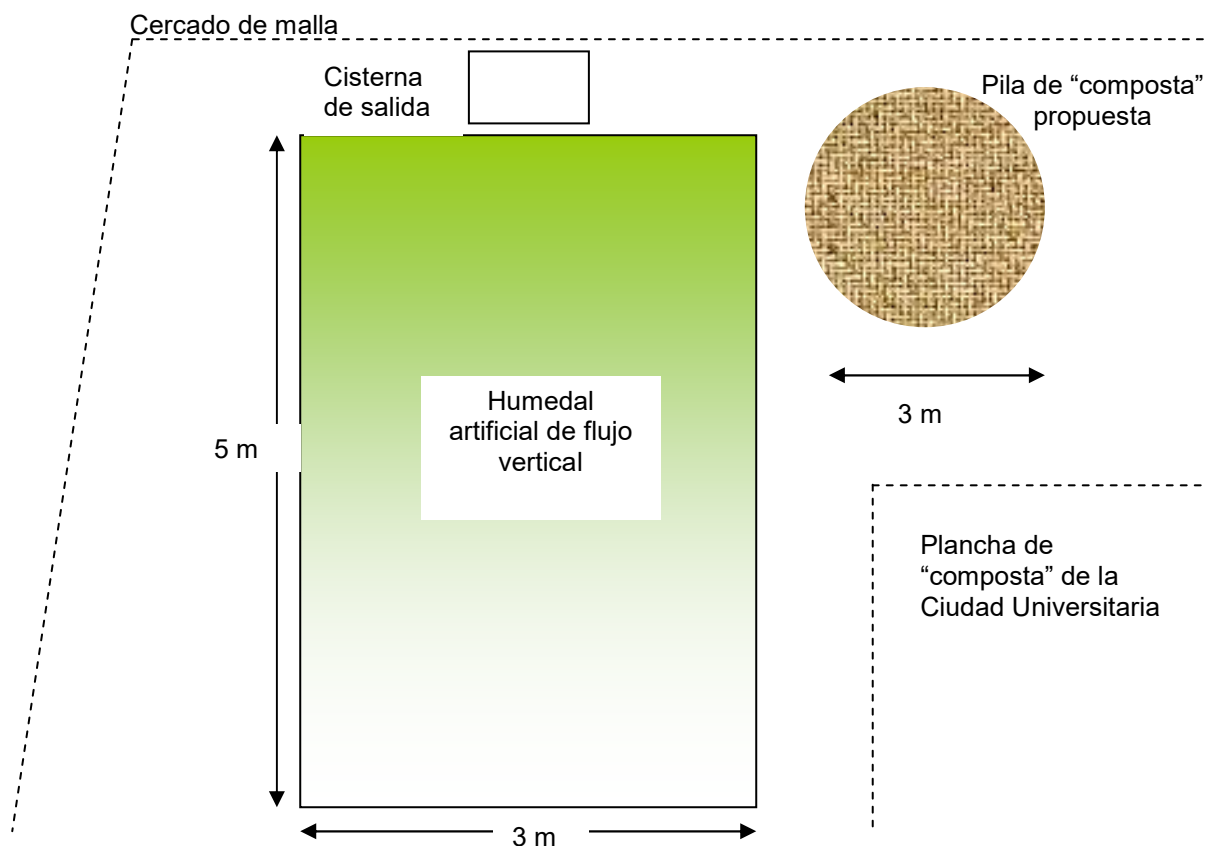


**Figura 10b.** Dimensiones de una pila de "composta" cilíndrica

En las Figuras 11a y b se presentan las posibles ubicaciones de las pilas de "composta" en los dos diferentes humedales, las cuales operarían una vez por semestre y el material estabilizado podría usarse para mejorar el suelo, para los Viveros de Coyoacán, en las zonas arboladas y en la Zona Cultural para el espacio forestal de la Ciudad Universitaria de la UNAM.



**Figura 11a.** Ubicación de la pila de composta en el humedal artificial de flujo horizontal, HAFH, localizado en el Vivero Forestal de Coyoacán, Ciudad de México



**Figura 11b.** Ubicación de la pila de "composta" en el humedal artificial de flujo vertical (Zona Cultural, UNAM)

### Discusión final de la investigación experimental

En esta investigación lo que se buscaba era corroborar el potencial de realizar la estabilización de lodos sin desaguar incrementando la proporción de material abultante con objeto de mejorar las condiciones de biodegradación o compostaje. Para ello, se probaron las proporciones 1:1 y 1:2 de lodo y material abultante. No se encontraron diferencias significativas entre ellos (para cada uno de los sistemas en estudio). Por esta razón, cuando se dan las recomendaciones para construir los reactores de "composta", se usa la proporción 1:1, que es con la que puede emplearse una mayor cantidad de lodos primarios, ya que es la parte "peligrosa" (los tallos y material foliar no representan por sí solos ningún problema en este caso particular).

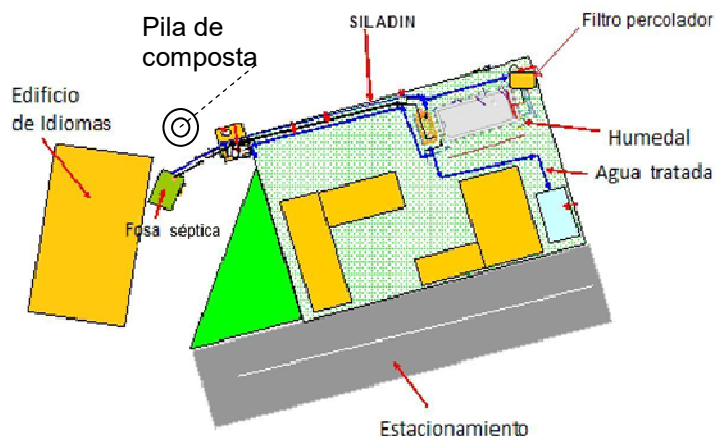
Por otro lado, la biodegradación reduce la masa global de los materiales y su volumen haciendo que el problema de su disposición controlada sea bastante menor. La disminución en la masa y volumen de las masas a estabilizar en los reactores fueron claras, tanto para los lodos de Zona Cultural como para los de Viveros de Coyoacán, lo que indica que, aunque no se hayan alcanzado las temperaturas de pasteurización, sí existió una degradación de la materia orgánica y su transformación a gases, así como una evaporación pequeña pero adecuada de agua. Esto se corroboró con los resultados obtenidos de las relaciones C/N porque hubo una disminución del contenido de carbono que se transformó a gas (bióxido de carbono).

La razón de no desear espesar o secar los lodos obedece al hecho de que, donde se utilizan sistemas de bajo costo como los lechos de secado solar, se debe tener un cuidado extremo en las condiciones de construcción y operación de estos sistemas, ya que las personas de las comunidades, donde pueden ser susceptibles de utilizarse, deben ser alejadas de estas zonas y estos sistemas tienen que ubicarse en áreas en las que los vientos no transporten las partículas hacia las zonas habitadas para evitar posibles problemas sanitarios y poner como seguridad un cercado de arbustos o árboles altos que eviten su dispersión y el acceso de las personas ajenas. El periodo de estabilización del reactor secuencial anaerobio-aerobio fue de 22 semanas cuando los parámetros de medición se encontraban estabilizados, es decir que no variaban  $\pm 10\%$  del último valor medido. El perfil de temperaturas en las compostas indica que sí existió un aumento de las temperaturas. Sin embargo, la aireación proporcionada con respecto al volumen de "composta" no permitió generar el calor de reacción suficiente para alcanzar y mantener las temperaturas deseables en los reactores y para la eliminación de microorganismos patógenos que, en el caso de los coliformes fecales se redujeron solamente dos "logs" y en el caso de los huevos de helmintos se redujeron entre 46 y 70%, sobrepasando el número la normativa vigente. Sin embargo, al realizar la prueba de viabilidad de los huevos de nemátodos (los únicos helmintos identificados en todas las muestras) no se encontraron larvas, lo que indica que no eran viables y, por ende, se cumpliría con la normativa que exige que sean viables. Las pruebas de biodegradación se realizaron en un cuarto de temperatura controlada "hermético", lo que dificultó el suministro de oxígeno a los sistemas. Es obvio que, en un sistema abierto, esto no será una limitante y que, muy probablemente, la eliminación de organismos potencialmente patógenos sea mayor. La siguiente etapa de esta investigación debiera ser, por tanto, la realización de experimentos con celdas abiertas para corroborar esta suposición, verificando las proporciones de aireación:volumen.

### Recomendaciones finales para construir humedales artificiales completos

Considerando que el objetivo de esta investigación es incorporar la estabilización de residuos primarios de dos humedales artificiales diferentes (uno de flujo vertical y el otro de flujo horizontal y que reciben dos tipos de aguas residuales diferentes (uno aguas de tipo sanitario y el otro aguas residuales mixtas) empleando como material abultante el propio material vegetal de los recortes semestrales de las hidrofitas empleando reactores de "composta" con aireación intermitente, se corroboró a escala de laboratorio, por medio de estudios ecotoxicológicos empleando semillas de plantas comestibles, maíz y frijol, que se pueden obtener compostas adecuadas para su uso como mejoradores de suelo ejemplificado con un sustrato hecho con suelo (tierra negra de hoja) y arena.

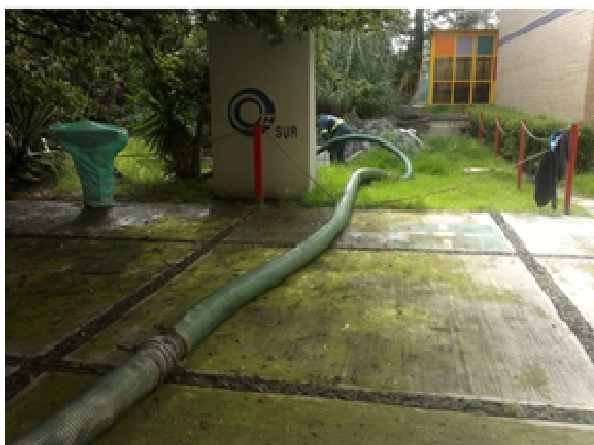
Por ello, para dar continuidad a esta investigación, se recomienda que se construyan los dos reactores de composta, uno para ser ubicado ahora en el humedal artificial que sustituyó al de la Zona Cultural ubicado en el CCH Sur en la zona del Siladin (Borrego-Saráchaga, 2015; García-Poblano, 2021) (Figuras 12a-c) y en el de los Viveros de Coyoacán (Figura 11a).



**Figura 12a.** Humedal artificial de flujo horizontal, HAFH, construido en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, para sustituir el que existía en la Zona Cultural y que desapareció para dar paso a los edificios de posgrado de la UNAM



**Figura 12b.** Humedal artificial de flujo horizontal, HAFH, construido en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, que sustituyó el de flujo vertical de la Zona Cultural (ver la tapa del segundo sedimentador, ya que la fosa séptica del Edificio de Idiomas (Figura 12a) es realmente un sedimentador primario, pues su tiempo de residencia hidráulico es de un día y en ese tiempo no pueden biotransformarse los contaminantes disueltos y coloidales



**Figura 12c.** Camión tipo "vactor" realizando el desazolve de los lodos de la fosa séptica FS-101 (sedimentador primario) (García-Poblano, 2021)



---



---

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | reducir sus efectos contaminantes al medio ambiente (DOF, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| FQ                          | Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| HAFH                        | Humedal artificial de flujo horizontal localizado en el Vivero Forestal de Coyoacán, Ciudad de México, que recibe las aguas contaminadas del río Magdalena                                                                                                                                                                                      |
| HAFV                        | Humedal artificial de flujo vertical localizado en la Zona Cultural de la Ciudad Universitaria, Ciudad de México, que recibe agua de las oficinas administrativas universitarias aledañas                                                                                                                                                       |
| Huevos de helmintos viables | Huevos de helmintos susceptibles de desarrollarse e infectar (DOF, 2002)                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| INE                         | Instituto Nacional de Ecología, ahora llamado Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, México                                                                                                                                                                                                                                  |
| INIFAP                      | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lixiviado                   | Líquido proveniente de los lodos y biosólidos, el cual se forma por reacción o percolación y que contiene contaminantes disueltos o en suspensión (DOF, 2002)                                                                                                                                                                                   |
| Lodos                       | Nombre dado a los sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización (DOF, 2002)                                         |
| Mejoramiento de suelos      | Es la aplicación de los biosólidos en terrenos para mejorar sus características físicas, químicas o microbiológicas para usos agrícolas (DOF, 2002)                                                                                                                                                                                             |
| Mezclado                    | Esta operación unitaria, aplicada a la biodegradación conocida como compostaje, implica que los lodos se mezclen con un material de soporte que actúa como agente abultante, el cual aumenta la porosidad y permite la aireación de la mezcla aportando, además, nutrientes para la actividad microbiana y disminuyendo el contenido de humedad |
| Siladin                     | Sistema de Laboratorios para el Desarrollo y la Innovación en la enseñanza media superior (bachillerato), UNAM, México                                                                                                                                                                                                                          |
| UNAM                        | Universidad Nacional Autónoma de México                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| "Vactor"                    | Nombre dado en México a los transportes que succionan los lodos de las fosas sépticas mediante vacío de manera periódica y los depositan en las plantas de tratamiento de aguas residuales o en los drenajes urbanos aumentando considerablemente la cantidad de materia orgánica cuando se depositan                                           |

## Reconocimientos

La autora reconoce el apoyo académico de la Dra.-Ing. María del Carmen Durán de Bazúa, así como de la M. en C. Esperanza Ramírez Camperos por sus valiosas aportaciones que enriquecieron esta investigación a lo largo de los cuatro semestres de los estudios de posgrado. Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México la beca de posgrado otorgada. Una parte de la investigación experimental se realizó en el humedal artificial de Viveros de Coyoacán con el apoyo del Sistema de Aguas del Distrito Federal y del personal adscrito al Vivero Forestal de Coyoacán en las actividades de mantenimiento y acondicionamiento, en especial, a la Bióloga Lourdes Hernández y su personal de apoyo. La otra parte se realizó en el humedal artificial que estuvo localizado en la Zona Cultural de la UNAM, donde se contó con el apoyo de la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM, con las labores de mantenimiento a cargo del IQ Alfredo Martínez Sigüenza, Coordinador de Áreas Verdes, así como del Biólogo Javier F. Montoya Gómez, Residente Responsable de la Planta de Composta, por su apoyo en la realización de este proyecto. La Bióloga Nora Salinas, así como el QFB Alejandro Camacho del Departamento de Biología de la Facultad de Química de la UNAM, apoyaron en el montaje de las técnicas y la realización de las determinaciones de coliformes fecales, de huevos de helminto y de pruebas de viabilidad de los huevos realizadas bajo su supervisión directa. El maestro Abel Gutiérrez hizo la revisión de las fotografías de los huevos de helminto corroborando la presencia solamente de nemátodos en las observaciones microscópicas y la maestra Adriana Mejía estableció el contacto con el personal experto en helmintos. El personal administrativo del Conjunto E de la Facultad de Química apoyó en la transportación a los humedales y en las tareas de mantenimiento diario,

especialmente el Sr. Servando Bardales, el Sr. Gerardo Ávila Vargas y el Sr. Juan Francisco Fragoso Anaya.

## Bibliografía

- Ávila, J., Colmenárez, O., Marcano, E.; Acevedo, T., Flores, R., Gutiérrez, L. 2003. Las siembras tardías reducen los rendimientos en ajonjolí. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa. Acarigua, Venezuela.
- Borrego-Saráchaga, N.G. 2015. Estudio de la calidad del agua en un sistema de humedales artificiales a nivel prototipo que recibe aguas residuales de un plantel educativo. Tesis profesional de Ingeniería Química. Facultad de Química, UNAM. Defensa: Agosto 14. Ciudad de México, México.
- Castillo, G., Alcota, C., Mena, M.P. 2000. Acondicionamiento de biosólidos mediante compostaje. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana, NOM-004-Semarnat-2002. Norma Oficial Mexicana. *Diario Oficial de la Federación*. Poder Ejecutivo Federal. 18 de febrero de 2002. Mexico, D.F. México.
- Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. (México), Navarro-Frómata, A.E. (México), Bayona-Termens, J.M. (España), editores. 2018. Artificial or Constructed Wetlands: A Suitable Technology for Sustainable Water Management. CRC Press, 1ª edición. ISBN-10: 1138739189. ISBN-13: 978-1138739185. Boca Raton, Florida, EE.UU. (Junio 30, 2018).
- Estrada-Gómez, J.A., Estrada-Trejo, V., Hernández-Livera, A., Molina-Moreno, J.C., Campos-Escudero, A. 2004. OTI, una nueva variedad de frijol para el Valle de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1):115-116.
- Gaitán-Zamora, N.A. 2007. Evaluación ecotoxicológica de "composta" producida con residuos vegetales de humedales artificiales y lodos primarios a escala laboratorio. Tesis de Maestría en Ingeniería (Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental, Campo disciplinario: Sustancias y residuos peligrosos). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. UNAM. Defensa: Enero 26. 132.248.9.195/pd2007/0613668/Index.html
- Gaitán-Zamora, N.A., Durán-de-Bazúa, M.d.C. 2007. Evaluación ecotoxicológica de 'composta' producida con residuos vegetales de humedales artificiales y lodos primarios a escala de laboratorio. Parte 2. Cartel presentado en XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Junio 25-29, 2007, Morelia, Mich., México.
- Gaitán-Zamora, N.A., Durán-de-Bazúa, M.d.C. 2006. Ecotoxicological evaluation of compost obtained from vegetable wastes of artificial wetlands and primary sludges in a laboratory scale. Part 1 / Evaluación ecotoxicológica de composta producida con residuos vegetales de humedales artificiales y lodos primarios a escala de laboratorio. Parte 1. En *Proceedings of the 2006 Fourth International Minisymposium on Removal of Contaminants from Wastewaters, Atmosphere, and Soils*. C. Durán-de-Bazúa, L.I. Ramírez Burgos (Eds.). Disco compacto (versión electrónica). Pp. 93-104. PIQAYQA, Facultad de Química, UNAM. Noviembre 8-11, México D.F. México
- Gallizzi, K. 2003. Co-Composting reduces helminth eggs in fecal sludge: A field study in Kumasi, Ghana. 46 pp. Tomado de las redes internacionales (internet): <http://www.sandec.ch>
- García-Luna, V.J., Bernal-González, M., García-Jiménez, F.A., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2018. Xochimilco, Mexico, a natural wetland or an artificial one? In *Artificial or Constructed Wetlands: A Suitable Technology for Sustainable Water Management*. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Mexico), Amado Enrique Navarro-Frómata (Mexico), Josep María Bayona Termens (Spain), Eds. CRC Press, 1<sup>st</sup> edition. ISBN-10: 1138739189. ISBN-13: 978-1138739185. Chapter 1. Pp. 1-24. Boca Raton, Florida, U.S. (June 30, 2018).
- García-Poblano, L.F. 2021. Operación y mantenimiento de un humedal artificial de flujo horizontal (HAFH) para el tratamiento un efluente proveniente de dos edificios del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur (CCH-Sur) de la UNAM. Tesis profesional de Ingeniería Química. Facultad de Química, UNAM. Defensa: Abril 23, 2021 (virtual). Ciudad de México, México.
- Instituto Nacional de Ecología. 2005. Tomado de las redes internacionales: <http://www.ine.gob.mx>
- López-Ochoterena, E. 1998. In Memoriam. Fermín Rivera Agüero (1946-1996). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 48:157-158. <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/jspui/bitstream/11154/143012/1/48VMemorianFermin.pdf>
- Manahan, S.E. 2007. Introducción a la química ambiental. Coedición UNAM-Editorial Reverté. Barcelona-Ciudad de México, España-México.
- Maynard, A.A. 2000. Compost, the process and research. The Connecticut Agricultural Experimental Station. New Haven. Bull. 966. New Haven, EE.UU.
- Metcalf - Eddy. 1991. Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse. 3a edición. McGraw-Hill. Nueva York, EE.UU.
- Miralles-de-Imperial, R., Beltrán, E.M., Delgado, M.M., Beringola, M.L., Martín, J.V., Calvo, R.I., Walter, I. 2002. Emergencia de seis cultivos tratados con lodo fresco y "compostado" de estaciones depuradoras. *Rev. Int. Contam. Ambiental*, 18(3):139-146.
- Miralles-de-Imperial, R., De-la-Cuadra, C., Calvo, R.I., Walter, I. 1994. Efecto de los lodos residuales sobre la germinación de semillas de diversos cultivos. En *Acta del III Congreso Internacional de Química de la ANQUE*. Vol. 1. Pp. 23-32. Madrid, España.
- Negro, M.J., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., Cristóbal, M.V., de Benito, A., García Martín, A., García Muriedas, G., Labrador, C., Lacasta, J.A., Lezaún, R., Meco, G., Pardo, M.L., Solano, C., Torner, C. 2000. Producción y gestión del compost. *Revista: Informaciones Técnicas*. Núm. 88. Dirección General de Tecnología Agraria, Aragón, Zaragoza, España.
- Ramírez-Camperos, E. 2006. Comunicación personal. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
- Rodríguez, A., Varela, E. 2003. Comportamiento dinámico de dos sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo humedal artificial de flujo horizontal y vertical. Tesis profesional (Ingeniería Química). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México D.F. México.

## Anexo. Productividad del grupo de la FQ-UNAM sobre humedales artificiales pues el 2 de febrero es el Día Mundial de los Humedales



El Comité Permanente de la Convención sobre los Humedales ha aprobado los siguientes temas para el Día Mundial de los Humedales:

- Acción sobre los humedales para las personas y la naturaleza, tema para 2022
- Restauración de humedales, tema para 2023
- Humedales y bienestar humano, tema para 2024

El Día Mundial de los Humedales se celebra cada año el 2 de febrero. Este día marca la fecha de la adopción de la Convención sobre los Humedales el 2 de febrero de 1971, en la ciudad iraní de Ramsar a orillas del Mar Caspio.

Desde 1997, la Secretaría de la Convención sobre los Humedales ha proporcionado materiales de divulgación para ayudar a concienciar al público sobre la importancia y el valor de los humedales.

Los materiales se pueden descargar en

[www.worldwetlandsday.org](http://www.worldwetlandsday.org)

*The Standing Committee of the Convention on Wetlands has approved the themes for World Wetlands Day as follows:*

- *Wetlands Action for People & Nature, theme for 2022*
- *Wetland Restoration, theme for 2023*
- *Wetlands and Human wellbeing, theme for 2024*

*World Wetlands Day is celebrated every year on 2 February. This day marks the date of the adoption of the Convention on Wetlands on 2 February 1971, in the Iranian city of Ramsar on the shores of the Caspian Sea.*

*Since 1997, the Secretariat of the Convention on Wetlands has provided outreach materials to help raise public awareness about the importance and value of wetlands.*

*Materials can be downloaded at*

[www.worldwetlandsday.org](http://www.worldwetlandsday.org)

### **Organización de eventos para la promoción del uso de humedales artificiales**

3. Organización de la **REUNIÓN NACIONAL DEL USO DE HUMEDALES PARA COMUNIDADES CON ESCASEZ DE AGUA** bajo los auspicios de la UNAM (Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur y Facultad de Química) y la Red de Humedales Artificiales para Comunidades con Escasez de Agua. Ciudad de México, México. Febrero 02, 2014 a la fecha.
2. Organización de la **REUNIÓN EDUCATIVA A NIVEL DE ENSEÑANZA MEDIA SUPERIOR SOBRE LA CELEBRACIÓN DEL DÍA INTERNACIONAL DE LOS HUMEDALES** bajo los auspicios de la UNAM (Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur y Facultad de Química). Ciudad de México, México. Febrero 2, 2012 a la fecha.
1. Organización de la **PRIMERA REUNIÓN BILATERAL MÉXICO-ALEMANIA SOBRE HUMEDALES ARTIFICIALES**, en cooperación con el Centro de Estudios Ambientales de Leipzig-Halle de la RFA, el Parque Xochitla y el PIQAyQA-FQ-UNAM. México D.F., México. Febrero 7-10, 2002.

### Premios y reconocimientos

2017. Premio a la Innovación Fundación UNAM-PEMEX. Tesis de doctorado: **Estudio de la generación de electricidad en un humedal artificial asistido electroquímicamente**. MARÍA GUADALUPE SALINAS JUÁREZ (bajo la tutoría conjunta de Pedro Roquero-Tejeda y Carmen Durán-de-Bazúa). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Suelo). UNAM. Diciembre 02, 2016. Fundación UNAM y Petróleos Mexicanos. Noviembre 07, 2017. Ciudad de México, México.
2016. Reconocimiento del 2º Lugar en el Programa "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación **"Producción de energía eléctrica simultánea con la depuración de aguas residuales en celdas de combustible microbianas vegetales"** a los alumnos de Química del 7º semestre Monserrat Aguilar Pichardo y del 3º semestre Dazaet Galicia Badillo (bajo la supervisión conjunta del IQ Oscar Hugo Miranda Méndez, la Cand. Dra. María Guadalupe Salinas Juárez y la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa). Abril 13, 2016. México, D.F. México.
2015. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de SUELO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS. **Fitorremediación de mercurio en suelos y su destino ambiental / Phytoremediation of mercury in soils and environmental fate**. García-Mercado Héctor Daniel, Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen, Fernández-Villagómez Georgina, Garzón-Zúñiga Marco Antonio. VI Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos. Noviembre 11-14, 2015. México, D.F., México.
2015. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA. **Estudio de la composición del medio de soporte en humedales artificiales y su influencia en su desempeño electroquímico / Study of the support media of constructed wetlands and the influence on its electrochemical performance**. Diana Y. Álvarez-Esquivel, María G. Salinas-Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. VI Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos. Noviembre 11-14, 2015. México, D.F., México.
2014. Reconocimiento labor académica/Donativo equipo. DAAD/Gobierno RFA (GTZ) **donación** de un equipo específico seleccionado para realizar trabajos de investigación en la o las instituciones que el investigador designe por valor hasta de 20,000 euros concedido por la **Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ)**, a través del DAAD (*Deutsche Akademische Austauschdienst*), Oficina Alemana para el Intercambio Académico, Alemania, por la labor de investigación realizada en la Facultad de Química en cooperación con el Centro Helmholtz para Investigaciones Ambientales de Leipzig (con el Dr. Peter Kuschik). Octubre 2014.
2014. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de AGUA Y AGUAS RESIDUALES. **Diseño de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para el tratamiento de agua residual en Santa María Coatepec El Seco, Puebla, México / Design of a horizontal subsurface flow artificial wetland for treatment of wastewater in Santa María Coatepec El Seco, Puebla, Mexico**. Oscar Secundino-Sánchez, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Eduardo González-Flores, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. VIII Minisimposio Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Agua, Atmósfera y Suelo. Junio 25-28, 2014. Villahermosa, Tabasco, México
2014. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS. **Balance másico de mercurio usando sistemas biológicos terrestres de remediación / Mass balance of mercury using biological remediation terrestrial systems**. Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, Marco Antonio Garzón Zúñiga, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. VIII Minisimposio Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Agua, Atmósfera y Suelo. Junio 25-28, 2014. Villahermosa, Tabasco, México.
2013. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de AGUA Y AGUAS RESIDUALES. **Remoción de metales pesados a través de un humedal artificial inoculado con cepas tolerantes / Removal of heavy metals through an constructed wetland inoculated with tolerant strains**. Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Karla Victoria Jiménez-Guevara, Landy Irene Ramírez-Burgos, Christina Desirée Siebe-Grabach, Gabriela Eleonora Moeller-Chávez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. X Simposio Latinoamericano de Química Analítica Ambiental y Sanitaria. Abril 10-13, 2013. Puebla de Zaragoza, Puebla, México.
2012. Reconocimiento del 3er Lugar en el Programa "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación **"Análisis del comportamiento microbiano y vegetal para su implementación en un humedal artificial a escala de laboratorio, capaz de remover plomo, mercurio y cromo en disolución"** en el marco del proyecto "Efecto de la inoculación con cepas tolerantes en la eficiencia de remoción de metales pesados en un sistema que simula un humedal artificial de flujo subsuperficial" a la alumna del 5º semestre de QFB Brendy Berenice García Ayala del (bajo la supervisión conjunta de Leonel Ernesto Amábilis Sosa y Carmen Durán-de-Bazúa). Octubre 17, 2012. México, D.F. México.
2012. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de SUELO Y AGUAS SUBTERRÁNEAS. **Procesos para la biorremediación de suelos y sedimentos contaminados con mercurio / Bioremediation processes for soil and sediments contaminated with mercury**. Héctor Daniel García-Mercado, Facultad de Química, UNAM, México, Georgina Fernández-Villagómez, Facultad de Ingeniería, UNAM, México; María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Facultad de Química, UNAM, México. VII Minisimposium Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Agua, Atmósfera y Suelo. Septiembre 12-15, 2012. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México.
2012. Invitation for the Academic Cooperation continuation of the Bilateral Research 2+2 successfully carried out through governmental and private enterprises in 2000-2001 / Invitación para continuar con la cooperación académica realizada desde 2000-2001 entre el gobierno mexicano y el alemán y empresas privadas conocido como Investigación Bilateral 2+2. Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ en alemán) y Facultad de Química, UNAM. **Artificial wetlands for xenobiotic compounds removal from wastewaters / Humedales artificiales para la remoción de compuestos**

- xenobióticos de aguas residuales** bajo la supervisión conjunta del Dr. Peter Kuschik y la Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Junio-Julio, 2012. Leipzig y Karlsruhe, Alemania.
2010. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa Redonda de AGUA Y AGUAS RESIDUALES. **Interacción de aislados bacterianos rizosféricos con metales de importancia ambiental: futura aplicación en el tratamiento de aguas / *Rhizospheric isolated bacteria interaction with metals of environmental importance: Future application for wastewater treatment***. Irina Salgado-Bernal, Mario Cruz-Arias, María Elena Carballo-Vélez, Armando Martínez-Sardiñas, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. VI Minisimposium Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Agua, Atmósfera y Suelo. Septiembre 8-11, 2010. México D.F. México.
2009. Premio a la MEJOR contribución en cartel de la Mesa de SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS. **Detección de aluminio en el interior de los tejidos vegetales / *Aluminum detection inside vegetal tissues***. Amalia Panizza-de-León, Silvia Romero-Rangel, Rogelio Carrillo-González, Marisela Bernal-González, Mabel Vaca-Mier, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. V Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos. Noviembre 13, 2009. México D.F. México.
2009. Reconocimiento de Tercer Lugar en las "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación "**Remoción de cadmio y zinc de aguas residuales de una industria minera mediante reactores biológicos que simulan un humedal artificial**" a la alumna del 3er semestre de ingeniería química Andrea Fernanda Calvillo León (bajo la supervisión conjunta de Vianey Ruiz López y Carmen Durán-de-Bazúa). Abril 20, 2009. México, D.F. México.
2008. Reconocimiento de Segundo Lugar en las "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación "**Tecnologías más limpias para la industria química y de proceso. Uso de plantas para la fitorremediación**" al alumno del tercer semestre de ingeniería química José Antonio Pérez Hernández (bajo la supervisión conjunta de Amalia Panizza de León y Carmen Durán-de-Bazúa). Octubre 9, 2008 (fechado septiembre de 2008). México, D.F. México.
2008. Reconocimiento de Mención Especial en las "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación "**Tolerancia al aluminio en plantas y su aplicación en fitorremediación**" al alumno del segundo semestre de ingeniería química Carlos Isaac Barrios Alvarado (bajo la supervisión conjunta de Amalia Panizza de León y Carmen Durán-de-Bazúa). Abril 22, 2008. México, D.F. México.
2005. Reconocimiento de PRIMER LUGAR a "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación "**Estabilización de subproductos de humedales artificiales**" al alumno Salvador Rodríguez Ramírez (bajo la supervisión conjunta de Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Carmen Durán). Abril 4, 2005 (fechado marzo de 2005). México, D.F. México.
2004. Reconocimiento de PRIMER LUGAR a "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de bachillerato. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de la Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación "**Uso de tecnologías más limpias (operación de un sistema experimental de flujo horizontal de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales)**" a la alumna de bachillerato Claudia Patricia Romero Sánchez (bajo la supervisión conjunta de Adrián Maya Jasso, Elizabeth Virginia Mosqueda Rodríguez y Carmen Durán). Octubre 19, 2004. México, D.F. México.
2003. Premio 2003. Reconocimiento Nacional al Servicio Social Comunitario. Secretaría de Desarrollo Social, Programa Jóvenes por México. otorgado a Arturo Rodríguez Cruz y Enedino Varela Montellano, prestadores de servicio social en el Programa PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2003-12/16-3992): **Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. Estudio de los humedales artificiales como reactores de flujo pistón para el tratamiento de agua residual**, bajo la supervisión de la Dra.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa. Semestre 2001-2 (03 de febrero al 03 de agosto de 2002). México D.F. México.
2002. Premio al Servicio Social "Gustavo Baz Prada 2002" / Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM. "**Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental. Tercera etapa. Tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades usando humedales artificiales**". Realizado por el Pas. IQ Pedro Luis Esponda Aguilar, bajo la dirección de la Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa. Sept. 2002. México D.F. México.
- 2000-2003. Reconocimiento a la Cooperación Internacional con el **Proyecto 2+2: *Elimination of pathogens in artificial wetlands systems receiving sewage and mixed waste waters* / Eliminación de organismos patógenos en sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y mixtas en humedales artificiales**. Proyecto de cooperación UNAM-Centro de Estudios Ambientales Leipzig-Halle (RFA) con los Dres. Roland Müller y Peter Kuschik y la Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa. Apoyo formal: Mayo 2001-Diciembre 2003. Apoyos de la Universidad Martín Lutero de Halle y de otras universidades cooperantes de la RFA y de la Dirección Adjunta de Asuntos Internacionales del CONACYT. Las dos empresas cooperantes fueron INCAM empresa mexicana y Umweltschutz Nord, empresa alemana.
1993. Premio a la creatividad / Reconocimiento especial. Rolex, Suiza. Para el proyecto "**Tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas en países en vías de desarrollo**". Enero 1993. Ginebra, Suiza.

## Patentes

**HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO HORIZONTAL O VERTICAL, PROCEDIMIENTO PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES**. Solicitud de Registro: Diciembre 15, 1998. VÍCTOR MANUEL LUNA PABELLO Y MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Cesión irrestricta de derechos a la UNAM. INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL.

DIRECCIÓN DIVISIONAL DE PATENTES. MÉXICO. Patente Núm. 210924. **Otorgada el 21 de octubre de 2002. Terminada el 14 de diciembre de 2018**

(Estos sistemas tienen la ventaja de tratar aguas residuales reduciendo los costos de operación y mantenimiento y cuando los costos por terreno son bajos los costos asociados a equipos y de inversión inicial se reducen enormemente. Pueden usarse para varios tipos de aguas residuales pero son idóneos para aguas de tipo sanitario en comunidades pequeñas y medianas rurales o suburbanas)

**HUMEDAL ARTIFICIAL PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.** Solicitud de Registro: Diciembre 29, 2017. MARÍA GUADALUPE SALINAS JUÁREZ, PEDRO ROQUERO TEJEDA y MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA, Facultad de Química, UNAM. Coordinación de Gestión de Propiedad Intelectual, Coordinación de Propiedad Intelectual, Dirección General de Vinculación, Coordinación de Innovación y Desarrollo de la UNAM. Solicitud de registro con el IMPI expediente MX/a/2017/015327 folio **MX/E/2017/088197**. Dirección General de Invenciones y Marcas. Departamento de Patentes. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. MÉXICO

(Estos sistemas tienen la ventaja de producir bioelectricidad además de tratar aguas residuales reduciendo los costos de operación y mantenimiento y cuando los costos por terreno son bajos los costos asociados a equipos y de inversión inicial se reducen enormemente. Pueden usarse para varios tipos de aguas residuales pero son idóneos para aguas de tipo sanitario en comunidades pequeñas y medianas rurales o suburbanas donde la mano de obra local o "tequio" y el uso de materiales y macrofitas autóctonas pueden hacer que las comunidades sean autosuficientes)

## **Publicaciones: Revistas y documentos, folleto, libros y capítulos de libros**

### **Revistas y documentos**

- 36bis. Erratum. Fate of mercury in a terrestrial biological lab process using *Polypogon monspeliensis* and *Cyperus odoratus*. Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, Marco Antonio Garzón-Zúñiga & María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **International Journal of Phytoremediation**. (2019)
36. Fate of mercury in a terrestrial biological lab process using *Polypogon monspeliensis* and *Cyperus odoratus*. Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, Marco Antonio Garzón-Zúñiga & María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **International Journal of Phytoremediation**. 21(12):1170-1178 (2019) ISSN 1522-6514 (print) 1549-7879 (online) <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15226514.2019.1612842>.
35. Aplicaciones de la química al tratamiento de aguas residuales: Casos de estudio en México y Cuba / *Chemistry applications to wastewater treatment: Case studies in Mexico and Cuba*. E.R. Bazúa-Rueda, M. Bernal-González, María Irene Cano-Rodríguez, M.C. Durán-Domínguez-de-Bazúa, B. Espinosa-Aquino, R.S. García-Gómez, J.A. Herrera-Cárdenas, U. Kappelmeyer, A.E. Navarro-Frómata, L.I. Ramírez-Burgos, N.J. Ruiz-Cárdenas, M.G. Salinas-Juárez, Irina Salgado-Bernal, S.A. Sánchez-Tovar, J.A. Solís-Fuentes. **Revista Cubana de Química**. Número Especial:105-133 (2019). e-ISSN 2224-5421. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v31s1/2224-5421-ind-31-s1-105.pdf>
34. El tratamiento descentralizado del agua residual de pequeñas localidades rurales y suburbanas: Los humedales construidos, una tecnología a considerar / *Decentralized treatment of suburban and small rural communities: Artificial or constructed wetlands, a technology to consider*. Amado Enrique Navarro-Frómata, María del Carmen Durán-Domínguez. **Revista Cubana de Química**. Número Especial:87-104 (2019). e-ISSN 2224-5421. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v31s1/2224-5421-ind-31-s1-87.pdf>
33. Domestic wastewater treatment by constructed wetlands enhanced with bioremediating rhizobacteria. Irina Salgado, Herlen Cárcamo, María Elena Carballo, Mario Cruz, María del Carmen Durán. **Environ. Sci. Pollut. Res.** 25:20391-20398 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9505-4>. Print ISSN 0944-1344 Online ISSN 1614-7499. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-017-9505-4.pdf>
32. Remediation of mercury polluted soils using artificial wetlands. García-Mercado Héctor Daniel, Fernández-Villagómez Georgina, Garzón-Zúñiga Marco Antonio, Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen. **International Journal of Phytoremediation**. 19(1):3-13 (2017). ISSN 1522-6514 (print) 1549-7879 (online) <http://dx.doi.org/10.1080/15226514.2016.1216074>. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15226514.2016.1216074>.
31. Plant and microorganisms support media for electricity generation in biological fuel cells with living hydrophytes. María Guadalupe Salinas-Juárez, Pedro Roquero-Tejeda, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **J. Bioelectrochem.** 112:145-152 (2016) DOI 10.1016/j.bioelechem.2016.02.007 (2016) ISSN 1567-5394. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567539416300172> (Thompson Reuter Journal Citation: Impact Factor: 4.172)
30. Remoción de mercurio por *Phragmites australis* empleada como barrera biológica en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes a metales pesados. Leonel Ernesto Amabilis-Sosa, Christina Siebe, Gabriela Moeller-Chávez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**. 32(1):47-53 (2016) ISSN 0188-4999. <http://www.redalyc.org/html/370/37045275004/index.html>. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v32n1/0188-4999-rica-32-01-00047.pdf>
29. Medios de soporte: Efecto sobre la producción de electricidad en humedales artificiales / *Support media: Effect on the production of electricity in artificial wetlands*. Diana Yomalli Alvarez-Esquivel, María Guadalupe Salinas-Juárez, María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Ambiens Techné et Scientia México**. 4(2):150-156 (2016).
28. Calidad del agua en un sistema de humedales artificiales a nivel prototipo que recibe aguas residuales de un plantel educativo / *Water quality in a constructed wetland system prototype receiving wastewaters from a senior high school*. Nadia G. Borrego-Saráchaga, Salvador Alejandro Sánchez-Tovar, Narciso José Ruiz-Cárdenas, Luis Fernando García-

- Poblano, Marisela Bernal-González, Rolando Salvador García-Gómez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Ambiens Techné et Scientia México**. 4(2):117-124 (2016).
27. Propuesta para enriquecer el programa de la asignatura de ingeniería ambiental, de la carrera de ingeniería química con la integración de estudios de caso. Un ejemplo: aprovechamiento integral de organismos tolerantes a metales pesados para el tratamiento de aguas residuales mixtas e industriales / *Proposal to enrich the program of the course environmental engineering for the b.s. in chemical engineering with the integration of case studies. An example: holistic use of heavy metal tolerant organisms for the treatment of mixed and industrial wastewaters*. Castañeda-Jiménez, I., Amábilis-Sosa, L.E., Bernal-González, M., García-Gómez, R.S., Ramírez-Burgos, L.I., Espinosa-Aquino, B., Durán-Domínguez-de-Bazúa M.C. **RD-ICUAP**. 2(3):1-21 (2016) ISSN: 2448-5829
  26. Remoción de mercurio, cromo y plomo por humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes. Leonel E. Amábilis-Sosa, Christina Siebe, Gabriela Moeller-Chávez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Rev. Tecnol. Ciencias Agua**. 6(2):21-34 (2015) ISSN 0187-8336. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n2/v6n2a2.pdf>
  25. Comportamiento del mercurio de suelos contaminados con dos pastos como sistemas biológicos terrestres de remediación. Resultados preliminares / *Behavior of mercury from contaminated soils using two grass plants as biological remediation terrestrial systems. Preliminary results*. Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, Marco Antonio Garzón-Zúñiga, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Ambiens Techné et Scientia México**. 3(2):125-134 (2015).
  24. Diseño de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para el tratamiento de agua residual de Santa María Coatepec El Seco, Puebla, México / *Design of a horizontal subsurface flow artificial wetland for treatment of wastewater of Santa Maria Coatepec El Seco, Puebla, Mexico*. Oscar Secundino-Sánchez, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Marisela Bernal-González, Eduardo González-Flores, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Ambiens Techné et Scientia México**. 2(2):144-154 (2014).
  23. Algunos aspectos interesantes de sistemas de humedales a escala de laboratorio y de banco en México. María Guadalupe Soto-Esquivel, Alejandro Guido-Zárate, Sandra Guzmán-Aguirre, Adriana G. Mejía-Chávez, Rolando S. García-Gómez, Thalía Huanosta, Rosa Martha Padrón-López, Jesús Rodríguez-Monroy, Petia Mijaylova-Nacheva, Germán Buitrón-Méndez, Carmen Durán-de-Bazúa. **Química Central (Revista de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador)**. 3(2):53-65 (2013) ISSN 1390-5562. <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/QUIMICA/article/view/1206/1197>
  22. Diversidad de las bacterias rizosféricas asociadas a plantas de *Typha domingensis* en humedales del río Almendares. Irina Salgado-Bernal, Armando Martínez-Sardiñas, María Elena Carballo-Valdés, Mario Cruz-Arias, María del Carmen Durán-Domínguez. **Revista CENIC Ciencias Biológicas**. 43(3):1-7 (2012) ISSN: 0253-5688 ISSN electrónico: 2221-2450. <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181226874003.pdf>
  21. Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. Irina Salgado-Bernal, Carmen Durán-Domínguez, Mario Cruz-Arias, María Elena Carballo-Valdés y Armando Martínez-Sardiñas. **Rev. Int. Contam. Ambient**. 28(1):17-26 (2012) ISSN 0188-4999
  20. Interacción de aislados bacterianos rizosféricos con metales de importancia ambiental / *Interaction of rhizosphere bacterial isolates with environmentally significant metals*. Irina Salgado-Bernal, María Elena Carballo-Valdés, Armando Martínez-Sardiñas, Mario Cruz-Arias, Carmen Durán-Domínguez. **Rev. Tecnol. Ciencias Agua**. 3(3):83-95 (2012) ISSN 0187-8336
  - =17. Humedales artificiales: Herencia prehispánica para la depuración de aguas contaminadas. Aplicaciones a la industria azucarera-alcoholera. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Revista ATAM**. 25(1):13-20 (2012) ISSN 2007-610X (de **Sugar Journal**)
  - =19. Efectos ambientales de contaminantes químicos en las aguas: Una propuesta biotecnológica para su eliminación. Irina Salgado-Bernal, Herlen Cárcamo-Ramírez, Armando Martínez, María Elena Carballo-Valdés, Mario Cruz-Arias, María del C. Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Tecnología Química (Cuba)**. XXXII:90-98 (2012) ISSN 2224-6185 [Tomado de la **Revista Cubana de Química**. XXIII(3):87-95 (2011)] ISSN 2224-5421
  19. Efectos ambientales de contaminantes químicos en las aguas: Una propuesta biotecnológica para su eliminación. Irina Salgado-Bernal, Herlen Cárcamo-Ramírez, Armando Martínez, María Elena Carballo-Valdés, Mario Cruz-Arias, María del C. Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Revista Cubana de Química**. XXIII(3):87-95 (2011) ISSN 2224-5421. <http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543724011.pdf>
  - =18. Remoción de fósforo de aguas residuales en un sistema de humedales artificiales a escala de laboratorio / *Phosphorus removal from wastewaters in an artificial wetlands system at lab scale*. María Ivonne Reyes-Luz, Alejandro Guido-Zárate, Marisela Bernal-González, Landy Irene Ramírez-Burgos, Rosa Martha Padrón-López, Irina Salgado Bernal, Joan Genescá-Llonguera, Carmen Durán-de-Bazúa. **Revista Latinoamericana El Ambiente y las Ciencias**. 2(1):76-93 (2011) ISSN 2007-512X
  18. Remoción de fósforo en un sistema de humedales artificiales a escala de laboratorio / *Phosphorus removal in a lab scale system of artificial wetlands*. María Ivonne Reyes-Luz, Alejandro Guido-Zárate, Carmen Durán-de-Bazúa. **Revista Química Central de la Facultad de Ciencias Químicas (Ecuador) = Química Central**. 2(1):25-32 (2011) ISSN 1390-5562 /
  17. Artificial Wetlands: Pre-Columbian Inheritance for the Depuration of Polluted Water. Applications to the Sugarcane and Ethyl Alcohol Industry / Humedales artificiales: Herencia prehispánica para la depuración de aguas contaminadas. Aplicaciones a la industria azucarera-alcoholera. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa **Sugar Journal** (<http://www.SugarJournal.com>). **Sugar Journal**. 74(7):10-21 (2011) ISSN 0039-4734
  16. Nitrogen and potassium variation on contaminant removal for a vertical subsurface flow lab scale constructed wetland. Miguel Ángel Orduña-Bustamante, Mabel Vaca-Mier, José Alberto Escalante-Estrada, Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. **Bioresource Technology**. 102:7745-7754 (2011) ISSN: 0960-8524. 5-Year Impact Factor: 4.901. 2010 Impact Factor 4.365.

15. Exploration of the ability of *Coleus blumei* to accumulate aluminum. Amalia Panizza-de-León, Rogelio Carrillo-González, Marisela Bernal-González, Mabel Vaca-Mier, Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. *International Journal of Phytoremediation*. 13(5):421-433 (2011) ISSN 1522-6514 (print) 1549-7879 (online). <https://doi.org/10.1080/15226514.2010.483263>
14. Instalación de un humedal con actividades didácticas de apoyo a los programas de Química y Biología del Bachillerato UNAM. Agustín Arreguín-Rojas, María del Carmen Durán-Domínguez, Salvador Alejandro Sánchez-Tovar, María del Refugio González-Sandoval. *Boletín de difusión Las Ciencias y las Humanidades*. Núm. 2. Pp. 3-4 (2011)  
Cita: Arreola-Polo, L. El humedal del Plantel Sur apoya la enseñanza experimental. *Gaceta CCH*. 1286 (20 de febrero), p. 7 (2012)
13. Bacterias como herramientas potenciales para el mejoramiento de humedales artificiales para el tratamiento de aguas / *Bacteria as potential tools in the improvement of constructed wetlands for wastewater treatment*. Irina Salgado Bernal, Mario Cruz Arias, María del Carmen Durán Domínguez, Ramona Oviedo, María Elena Carballo Valdés, Armando Martínez Sardiñas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas (Cuba)*. 41(Número Especial):1-10 (2010). ISSN 0253-5688
12. Remoción de Cd y Zn de una corriente acuosa de una empresa minera usando humedales artificiales / *Cadmium and zinc removal from a mining reprocessing aqueous stream using artificial wetlands*. Vianey Ruiz-López, María del Refugio González-Sandoval, José Antonio Barrera-Godínez, Gabriela Moeller-Chávez, Esperanza Ramírez-Camperos, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*. 25(1):27-34 (2010) ISSN 0186-6036
11. Efecto de la presencia de hidrofitas (*Typha latifolia*) sobre los potenciales redox (reducción-oxidación) en columnas empacadas a escala de laboratorio / *Effect of hydrophytes (Typha latifolia) presence on the redox potentials (reduction-oxidation) in lab scale packed columns*. María Guadalupe Soto-Esquivel, Sandra Guzmán-Aguirre, Adriana G. Mejía-Chávez, Rolando s. García-Gómez, Carmen Durán-de-Bazúa. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*. 24(1):5-11 (2009) ISSN 0186-6036
10. Remoción de contaminantes en un sistema modelo de humedales artificiales a escala de laboratorio / *Pollutants removal in a lab-scale constructed wetlands model system*. Alejandro Guido-Zárate, Carmen Durán-de-Bazúa. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*. 23(1):15-22 (2008) ISSN 0186-6036
9. Artificial wetlands performance: Nitrogen removal. Carmen Durán-de-Bazúa, Alejandro Guido-Zárate, Thalía Huanosta, Rosa Martha Padrón-López, Jesús Rodríguez-Monroy. *Water Science and Technology*. 58(7):1357-1360 (2008) ISSN Print: 0273-1223. DOI: 10.2166/wst.2008.350
8. Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco / Nitrogen removal from wastewaters on a bench scale vertical flow artificial wetlands system. Jesús Rodríguez-Monroy, Carmen Durán-de-Bazúa. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*. 21(1):27-35 (2006)
7. Investigando sobre la fitocorrección. Amalia Paniza, Alejandro Aldama, Alicia Chacalo, Carmen Durán, Mabel Vaca. *Arborea*. Año 8. Número 20-21. Pp. 37-41 (2006)
6. Construcción y evaluación de electrodos de medición de potenciales de óxido-reducción para la evaluación indirecta de las condiciones de aerobiosis en sistemas que simulan humedales artificiales. Francisco E. FENOGLIO-LIMÓN, Joan GENESCA-LLONGUERAS, Carmen DURÁN-DE-BAZÚA. *Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ)*, 16(2):61-68 (2001)
5. Noticiero Científico: Ecotecnología para tratar aguas residuales: Humedales artificiales. Proyecto FQ-BOKU. V.M. Luna-Pabello, R. Haberl, C. Durán-de-Bazúa. *UNAM Hoy*. 6(33):54 (1998)
4. Los humedales artificiales, una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales. Víctor Manuel Luna-Pabello, Carmen Durán-de-Bazúa, Héctor Faustino Ramírez-Carrillo, Francisco Enrico Fenoglio-Limón, Hugo Sánchez-García. *ALDEQ, IX(IX)*. Vol. II, pp. 50-56. ISSN 0328-087X, San Luis, República Argentina (1997)
3. Preliminary trials of the use of emergent macrophytes for the tertiary treatment of agroindustrial wastewaters in Mexico. Ranjani, Krishnan, Kneidinger, Christian, Ríos, Roberto, Salinas, Nora, Durán Carmen. *NEWSLETTER (Specialist Group: The Use of Macrophytes in Water Pollution Control)*. 14:2-5 (1996)
2. Humedales artificiales como sistemas de tratamiento terciario. Dr. Fermín Rivera-Agüero, Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Documento confidencial. Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México (1989-1990)
1. Uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales. Dr. Fermín Rivera-Agüero, Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Documento confidencial. Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México (1985-1986)

### Folleto

1. Una experiencia sobre las tecnologías que nos ayudan a mejorar el uso del agua ya ensuciada para proteger los acuíferos: Humedales artificiales o construidos. Amabilis-Sosa L.E., Bernal-González M., Cano-Rodríguez María Irene, Durán-Domínguez-de-Bazúa M.C., Espinosa-Aquino B., García-Gómez R.S., Kappelmeyer, U., Navarro-Frómata A.E., Ruiz-Cárdenas N.J., Ramírez-Burgos L.I., Salinas-Juárez M.G., Salgado-Bernal Irina, Sánchez-Tovar S.A., Solís-Fuentes J.A. AguaMex (RTGCDA-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México), Número 2, 16 pp. (2018). 2000 ejemplares para distribución / 2000 copies for distribution

### Capítulos de libros y libros (arbitrados por pares)

9. Effect of support media on heavy metals removal in constructed wetlands inoculated with metallotolerant strains. Amabilis-Sosa Leonel Ernesto, Arroyo-Ginez Marcela, Pérez-González Ruth, Roé-Sosa Adriana, Ramírez-Burgos Landy Irene, Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen. In *Artificial or Constructed Wetlands: A Suitable Technology for Sustainable Water Management*. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Mexico), Amado Enrique Navarro-Frómata (Mexico), Josep Maria Bayona Termens (Spain), Eds. CRC Press, 1<sup>st</sup> edition. ISBN-10: 1138739189. ISBN-13: 978-1138739185. Chapter 3. Pp. 91-109. Boca Raton, Florida, U.S. (June 30, 2018).
8. Use of artificial wetlands as degradation systems of recalcitrant contaminants or transformers of energy to electricity. Arany del Carmen Borja-Urzola, Citlaly Marisol Hernández-Arriaga, Oscar Hugo Miranda-Méndez, María Guadalupe Salinas-Juárez, Marisela Bernal-González, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. In *Artificial or Constructed*

- Wetlands: A Suitable Technology for Sustainable Water Management.** María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Mexico), Amado Enrique Navarro-Frómata (Mexico), Josep María Bayona Termens (Spain), Eds. CRC Press, 1<sup>st</sup> edition. ISBN-10: 1138739189. ISBN-13: 978-1138739185. Chapter 3. Pp. 50-67. Boca Raton, Florida, U.S. (June 30, 2018).
7. Xochimilco, Mexico, a natural wetland or an artificial one? Víctor Jesús García-Luna, Marisela Bernal-González, Federico Alfredo García-Jiménez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. In **Artificial or Constructed Wetlands: A Suitable Technology for Sustainable Water Management.** María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Mexico), Amado Enrique Navarro-Frómata (Mexico), Josep María Bayona Termens (Spain), Eds. CRC Press, 1<sup>st</sup> edition. ISBN-10: 1138739189. ISBN-13: 978-1138739185. Chapter 1. Pp. 1-24. Boca Raton, Florida, U.S. (June 30, 2018).
  6. Useful microorganisms for environmental sustainability: Application of heavy metal tolerant consortia for surface water decontamination in natural and artificial wetlands. Leonel E. Amábilis-Sosa, Irina Salgado-Bernal, Christina D. Siebe, Gabriela E. Moeller-Chávez, Rolando S. García-Gómez, María-del-Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. En **The Handbook of Microbial Bioresources.** V. K. Gupta, National University of Ireland Galway, Ireland, G. D. Sharma, Bilaspur University, India, M. G. Tuohy, National University of Ireland Galway, Ireland, R. Gaur, Avadh University, India, editores. CABI. ISBN 9781780645216. Chapter 26. Pp. 426-440. Oxfordshire, United Kingdom. June (2016) <https://www.cabi.org/ISC/ebook/20163199943>
  5. **Manual de análisis de calidad del agua para el Bachillerato UNAM.** Agustín Arreguín-Rojas\* (Coordinador), María del Carmen Durán-Domínguez, Marisela Bernal-González, María del Refugio González-Sandoval, Salvador Alejandro Sánchez-Tovar (Colaboradores). **Informe Técnico de Proyecto INFOCAB SB201312.** Pub. CCH-Sur, Facultad de Química, UNAM y AMCATH. ISBN 978-607-7807-13-1. México D.F. México. 131 pags. Libro electrónico (disco compacto), 1a. Ed. (2013).
  4. **Manual de operación y mantenimiento del humedal artificial del CCH PLANTEL SUR, con actividades didácticas para el BACHILLERATO UNAM.** Arreguín-Rojas\* (Coordinador), María del Carmen Durán-Domínguez, Marisela Bernal-González, María del Refugio González-Sandoval, Agustín Salvador Alejandro Sánchez-Tovar. ISBN 978-607-7807-12-4. Pub. CCH-Sur, **Proys. INFOCAB SB201608 y PB201312,** Facultad de Química, UNAM y AMCATH. México D.F. México. 46 pags. 10 ejemplares/exemplars, 1a. Ed. (2010). Libro electrónico (disco compacto), 2ª. Ed. (2013).
  3. **Manual de construcción, arranque y operación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales de casas habitación en zonas rurales o suburbanas y para el tratamiento terciario de aguas residuales de casas habitación o de condominios verticales suburbanos.** C. Durán-de-Bazúa (Profesora); A. Rodríguez-Cruz; E. Varela-Montellano (Estudiantes). **Vol. 6bis, Serie: Química Ambiental del Agua.** Pub. Prog. Ing. Quim. Amb. y Quim. Amb. ISBN 968-36-9443-8. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México. 27 pags. 500 ejemplares, 1a. Ed. (1998), 2ª. Ed. (2003), 3ª. Ed. (2008).
  2. **Humedales artificiales en México: Desarrollo, situación actual y aplicaciones potenciales.** C. Durán-de-Bazúa, R. Haberl, I. Kreiner, Krishnan-Ranjani, V. M. Luna-Pabello; L.I. Ramírez-Burgos (Profesores); F. E. Fenoglio-Limón; L. García-Vázquez; S. Guzmán-Aguirre; C.H. Juárez; Ch. Kneidinger, S. E. Millán-Hernández; M. Miranda-Ríos, H. F. Ramírez-Carrillo; A. Rodríguez-Cruz; J. Rodríguez-Monroy; N. V. Salinas-Castillo; H. Sánchez-García; P. Schaller; M. G. Soto-Esquivel; E. Varela-Montellano (Estudiantes). **Vol. 6, Serie: Química Ambiental del Agua.** Pub. Prog. Ing. Quim. Amb. y Quim. Amb. ISBN 968-36-9443-8. Facultad de Química, UNAM. México D.F. México. 185 pags. 100 ejemplares, 1a. Ed. (1999), 194 pags. 100 ejemplares, 2a. Ed. (2001), 205 pags. 100 ejemplares, 3a. Ed. (2007).
  1. Behavior of redox potentials in artificial wetlands models: A tool for controlling its efficiency. Alejandro Guido-Zárate, Germán Buitrón, Petia Mijaylova-Nacheva, Carmen Durán-de-Bazúa. In **Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology.** Ed. A. Méndez-Vilas. Formatex. **Series** ISBN-13:978-84-611-9421-6. **Vol. 2.** ISBN-13: 978-84-611-9423-0. Badajoz, España. Pp. 594-601 (2007).

## Formación de recursos humanos de excelencia

### Licenciatura

25. **Operación y mantenimiento de un humedal artificial de flujo horizontal (HAFH) para el tratamiento de un efluente proveniente de dos edificios del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur (CCH-Sur) de la UNAM.** LUIS FERNANDO GARCÍA POBLANO. Tesis profesional de Ingeniero Químico. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Abril 23, 2021 (virtual).
24. **Evaluación de la remoción de materia orgánica y producción de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal a escala de laboratorio.** SURYA ANAID RAMÍREZ MARTÍNEZ. Tesis profesional de Química. Facultad de Química, UNAM. Asesoras: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa y Dra. María Guadalupe Salinas-Juárez. Defensa: Noviembre 14, 2017. 132.248.9.195/ptd2017/julio/0761295/Index.html
23. **Desempeño del medio de soporte de humedales artificiales en la remoción de plomo y cromo presentes en aguas residuales.** RUTH PÉREZ GONZÁLEZ. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Asesores: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa y Dr. Leonel E. Amábilis-Sosa. Defensa: Junio 2, 2017. 132.248.9.195/ptd2017/mayo/0759244/Index.html
22. **Estudio de la calidad del agua en un sistema de humedales artificiales a nivel prototipo que recibe aguas residuales de un plantel educativo.** NADIA GABRIELA BORREGO SARÁCHAGA. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Agosto 14, 2015. 132.248.9.195/ptd2015/agosto/0732926/Index.html
21. **Evaluación de medios de empaque para un reactor que simula un humedal artificial asistido electroquímicamente.** GRISELDA ITZEL ERAZO CORTÉS. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Asesoras: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa y M. en I. María Guadalupe Salinas-Juárez. Defensa: Junio 23, 2015.

- <http://132.248.9.195/ptd2015/junio/0730881/Index.html>
20. **Efecto de bacterias tolerantes sobre la eficiencia de remoción de cromo en humedales artificiales.** ELISABET PÉREZ CORONEL. Tesis profesional de Ingeniera Ambiental. Facultad de Química, Universidad La Salle. Asesores: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa y M. en I. Leonel E. Amábilis-Sosa. Defensa: Noviembre 12, 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.3289.7440
  19. **Mantenimiento preventivo y correctivo de un humedal artificial de flujo vertical a nivel prototipo.** ERNESTO ADRIÁN MAYA JASSO. Tesis profesional de Ingeniero Químico. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Noviembre 21, 2008. <http://132.248.9.195/ptd2008/diciembre/0637217/Index.html>
  18. **Estudio de un sistema de humedales artificiales: Mecanismos de la transferencia de oxígeno a la zona radicular, a través de mediciones de potenciales de óxido-reducción (pOR).** ANGÉLICA LEÓN MEJÍA. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Mayo 23, 2007. <http://132.248.9.195/pd2007/0617403/Index.html>
  17. **Estudio de la dinámica y remoción de especies de nitrógeno en humedales artificiales de flujo vertical a escala de laboratorio.** THALÍA HUANOSTA GUTIÉRREZ. Tesis profesional de Química. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Diciembre 07, 2006. [132.248.9.195/pd2007/0613597/Index.html](http://132.248.9.195/pd2007/0613597/Index.html)
  16. **Remoción de fósforo en un sistema de humedales artificiales a escala de laboratorio.** MARÍA IVONNE REYES LUZ. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Diciembre 07, 2006. [132.248.9.195/pd2007/0620971/Index.html](http://132.248.9.195/pd2007/0620971/Index.html)
  15. **Remoción de materia orgánica en un humedal artificial de flujo horizontal a escala prototipo ubicado en el Vivero Forestal de Coyoacán.** SANDRA LETICIA GARCÍA ARREOLA. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Septiembre 06, 2006.
  14. **Uso de reactores biológicos (humedales artificiales de flujo vertical) para depurar aguas residuales de tipo sanitario.** LILIA GARCÍA VÁZQUEZ. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Febrero 4, 2005.
  13. **Estudio de la remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco.** JESÚS RODRÍGUEZ MONROY. Tesis profesional de Ingeniero Químico. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Enero 28, 2005.
  12. **Evaluación de sistemas de humedales artificiales como depuradores de aguas residuales mediante la eliminación de microorganismos patógenos.** SANDRA GUZMÁN AGUIRRE. Tesis profesional de Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Noviembre 24, 2004.
  - 10,11. **Comportamiento dinámico de dos sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo humedal artificial de flujo horizontal y vertical.** ARTURO RODRÍGUEZ CRUZ Y ENEDINO VARELA MONTELLANO. Tesis profesional de Ingenieros Químicos. Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza", UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Septiembre 26, 2003.
  9. **Arranque de un sistema experimental de flujo vertical a escala piloto de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales.** PEDRO LUIS ESPONDA AGUILAR. Tesis profesional de ingeniero químico. Facultad de Química, UNAM. Asesora: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Agosto 20, 2001.
  8. **Humedales artificiales de flujo vertical: Estado de arte y propuestas experimentales para la obtención de parámetros de diseño.** JUAN CARLOS CHAVARRÍA-HERNÁNDEZ. Tesis profesional de Ingeniero Químico. Facultad de Química, UNAM. Asesor: Dr. Víctor Manuel Luna-Pabello. Defensa: Marzo 26, 2001
  7. **Bases de diseño para la construcción de un reactor biológico experimental basado en los sistemas de humedales artificiales de flujo vertical.** FRANCISCO ENRICO FENOGLIO-LIMÓN. Tesis profesional de Ingeniero Químico. Facultad de Química, UNAM. Asesor: Dr. Víctor M. Luna-Pabello. Defensa: Marzo 25, 2000.
  6. **Desarrollo, situación actual y aplicaciones potenciales de los humedales artificiales de flujo horizontal en México.** MÓNICA MIRANDA-RÍOS. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Asesor: Dr. Víctor M. Luna-Pabello. Enero 15, 2000.
  5. **Construcción y evaluación de un reactor para el tratamiento integral de aguas residuales domésticas.** JESÚS BALAM JIMÉNEZ-TOVAR. Tesis profesional de Ingeniero Químico, Facultad de Química, UNAM. Asesor: Dr. Víctor M. Luna-Pabello. Defensa: Diciembre 15, 1999.
  4. **Operación de una planta piloto tipo humedal artificial de flujo horizontal para tratamiento de aguas residuales y su reúso para riego.** SANDRA E. MILLÁN-HERNÁNDEZ. Tesis profesional de Ingeniera Química, Facultad de Química, UNAM. Asesor: Dr. Víctor M. Luna-Pabello. Defensa: Diciembre 14, 1999.
  3. **Estudios de ecotoxicidad, biorremediación y fito-biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos (diesel).** FRANCISCO DAMIÁN-CERVANTES. Tesis profesional de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. Asesora: Dra. Ranjani Krishnan-Padma. Defensa: Marzo 19, 1999.
  2. **Conceptualización de un sistema de humedal artificial de flujo horizontal a escala piloto.** HÉCTOR FAUSTINO RAMÍREZ-CARRILLO. Tesis profesional de Ingeniero Químico, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Asesores: Dr. Víctor M. Luna-Pabello y Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Junio 26, 1998.
  1. **Tratamiento terciario de aguas residuales agroindustriales mediante el uso de reactores con plantas hidrofítas flotantes (*Hydrocotyle ranunculoides*).** MARÍA GUADALUPE SOTO-ESQUIVEL. Tesis profesional de Ingeniera Química. Facultad de Química, UNAM. Mención Honorífica. Asesoras: Dra. Ranjani Krishnan-Padma y Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Defensa: Mayo 20, 1997.

## Maestría

12. **Estudio de separadores de semi-reacciones en humedales artificiales asistidos electroquímicamente.** SAIRA ITZEL ORTIZ ZAMORA. Tesis de Maestría en Ingeniería (Ingeniería Ambiental - Agua). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. UNAM. Diciembre 05, 2018. <http://132.248.9.195/ptd2018/noviembre/0782557/Index.html>
11. **Tratamiento de agua residual mediante un humedal artificial para la comunidad de Santa María Coatepec El Seco, Puebla, México.** ÓSCAR SECUNDINO SÁNCHEZ (Número de CVU 493931 y Número de Control G12221505). Directores de tesis: DR. EDUARDO GONZÁLEZ FLORES y DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ingeniería. Instituto Tecnológico de Puebla. Octubre 24, 2014.
10. **Producción de electricidad en sistemas de humedales artificiales asistidos electroquímicamente: Flujo continuo versus flujo intermitente.** Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ingeniería (Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental, Campo disciplinario: Agua). OSCAR HUGO MIRANDA MÉNDEZ. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. UNAM. Defensa: Agosto 01, 2017. <http://132.248.9.195/ptd2017/junio/0761042/Index.html>
9. **Remoción de cadmio y zinc de aguas residuales de una industria minera mediante reactores biológicos que simulan un humedal artificial.** VIANEY RUIZ LÓPEZ. Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ingeniería (Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental, Campo disciplinario: Sustancias y Residuos Peligrosos). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. UNAM. Defensa: Septiembre 28, 2009. Mención honorífica  
[132.248.9.195/ptd2009/septiembre/0648758/Index.html](http://132.248.9.195/ptd2009/septiembre/0648758/Index.html)
8. **Estudio de la degradación de un colorante modelo usando un sistema fotocatalítico heterogéneo (Fe/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>) seguido de un sistema de humedales artificiales (*Phragmites australis*).** ELIZABETH GORDILLO CRUZ. Directoras de la tesis: DRA. REFUGIO RODRÍGUEZ VÁZQUEZ y DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ciencias (Especialidad Biotecnología y Bioingeniería). Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias. IPN-Cinvestav. Defensa: Agosto 10, 2012.
7. **Evaluación ecotoxicológica de "composta" producida con residuos vegetales de humedales artificiales y lodos primarios a escala laboratorio.** NADJA AQUARIMÁNTIMA GAITÁN ZAMORA. Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ingeniería (Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental, Campo disciplinario: Sustancias y residuos peligrosos). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. UNAM. Defensa: Enero 26, 2007.
6. **Estudio de los potenciales de óxido-reducción en reactores biológicos que simulan un humedal artificial.** ALEJANDRO GUIDO ZÁRATE. Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ingeniería (Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental, Campo disciplinario: Agua). Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. UNAM. Mención honorífica. Defensa: Julio 4, 2006.
5. **Depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales de flujo vertical en zonas trópico-húmedas.** ROSA MARTHA PADRÓN LÓPEZ. Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Programa de División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab. Defensa: Noviembre 7, 2005 (Profesora de tiempo completo).
4. **Efecto de la generación de oxígeno fotosintético en un sistema sólido-líquido-gas.** MARÍA GUADALUPE SOTO ESQUIVEL. Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Campo del conocimiento: Ingeniería Ambiental, Campo disciplinario: Agua). UNAM. Defensa: Diciembre 5, 2003.
3. **Fenómenos de transferencia de oxígeno por convección en sistemas que simulan humedales artificiales utilizando columnas empacadas.** FRANCISCO ENRICO FENOGLIO LIMÓN. Tutora: DRA. MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas (Orientación: Química Ambiental). UNAM. Defensa: Junio 5, 2003.
2. **Construction and Investigation of a Constructed Wetland for the Secondary Treatment of Domestic Wastewater in Mexico City (Construcción e investigación de un humedal artificial para el tratamiento secundario de aguas residuales en la Ciudad de México).** PAUL SCHALLER. Master of Engineering. UNIVERSIDAD BOKU DE VIENA. AUSTRIA. Dirigida por el Prof. Raimund Haberl. Apoyada académicamente por el Dr. Víctor Manuel Luna-Pabello y la Dra. Carmen Durán en México. Septiembre 1998.
1. **Construction and Investigation of a Constructed Wetland System for the Tertiary Treatment of the Maize Processing Industrial Wastewater (Construcción e investigación de un humedal artificial para el tratamiento terciario de aguas residuales de la industria del procesamiento del maíz).** CHRISTIAN KNEIDINGER. Master of Engineering. UNIVERSIDAD BOKU DE VIENA. AUSTRIA. Dirigida por el Prof. Raimund Haberl. Apoyada académicamente por la Dra. Ranjani Krishnan y la Dra. Carmen Durán en México. Defensa: Mayo 1997.

## Doctorado

6. **Estudio de la generación de electricidad en un humedal artificial asistido electroquímicamente.** MARÍA GUADALUPE SALINAS JUÁREZ. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Suelo). UNAM. Diciembre 02, 2016 (Iniciada en febrero de 2011). Acceso restringido por el Autor (**HUMEDAL ARTIFICIAL PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD**). Solicitud de Registro: Diciembre 29, 2017. MARÍA GUADALUPE SALINAS JUÁREZ, PEDRO ROQUERO TEJEDA y MARÍA DEL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ DE BAZÚA, Facultad de Química, UNAM. Coordinación de Gestión de Propiedad Intelectual, Coordinación de Propiedad Intelectual, Dirección General de Vinculación, Coordinación de Innovación y Desarrollo de la UNAM. Solicitud de registro con el IMPI expediente MX/a/2017/015327 folio **MX/E/2017/088197**. Dirección General de Invenciones y Marcas. Departamento de Patentes. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. MÉXICO)

- (Esta tesis planteó la idea innovadora del estudio de celdas de combustible microbianas adicionadas con vegetales para producción de electricidad y, simultáneamente, la depuración de aguas residuales sintéticas en sistemas a escala de laboratorio que simulan humedales artificiales permitiendo usar la energía solar de manera más eficaz)
5. **Biogeoquímica del mercurio en procesos biológicos de remediación con cuatro especies vegetales a nivel de laboratorio.** HÉCTOR DANIEL GARCÍA MERCADO. Tutora: Dra. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Suelo). UNAM. Defensa: Abril 22, 2016.  
132.248.9.195/ptd2016/febrero/0741155/Index.html  
(Esta tesis planteó el estudio de la biogeoquímica del mercurio durante su fitorremediación en sistemas a escala de laboratorio que simulan, tanto humedales artificiales de flujo vertical como plantas terrestres tipo pastos, para corroborar si realmente estas plantas tienen la capacidad de depurar dos muestras de suelos contaminados con este metal provenientes de la Sierra Gorda de Querétaro)
  4. **Remoción de metales pesados en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes.** LEONEL ERNESTO AMABILIS SOSA. Tutora: Dra. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Agua). UNAM. Mención honorífica. Defensa: Agosto 7, 2015.  
132.248.9.195/ptd2015/mayo/0729948/Index.html  
(Esta tesis planteó el estudio del efecto de la adición de cepas metalo-tolerantes a un sistema a escala de laboratorio que simula humedales artificiales de flujo vertical para corroborar si estos consorcios pueden estabilizar tres metales pesados, mercurio, plomo y cromo de las aguas residuales de empresas mineras a escala real)
  3. **Remoción de contaminantes de aguas residuales por rizobacterias autóctonas con aplicación de humedales artificiales.** IRINA SALGADO BERNAL. Tutores de la Tesis: Mario Cruz Arias, María del Carmen Durán Domínguez y María Elena Carballo Valdés. TESIS DE DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS. Departamento de Microbiología y Virología, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. Diciembre 2012.  
No se encuentra en las redes  
(En esta tesis se estudiaron algunos microorganismos tolerantes a metales pesados, así como su eficiencia para degradar contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en Cuba como en México)
  2. **Efecto de la relación nitrógeno:potasio en la eficiencia de remoción de contaminantes carbonosos y nitrogenados en agua en sistemas de laboratorio que simulan humedales artificiales.** MIGUEL ÁNGEL ORDUÑA BUSTAMANTE. Tutora: Dra. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Agua). UNAM. Defensa: Marzo 5, 2012.  
[http:// 132.248.9.195/ptd2012/mayo/0679685/Index.html](http://132.248.9.195/ptd2012/mayo/0679685/Index.html)  
(Esta tesis planteó el estudio del efecto del sistema planta-soporte-microorganismos en la transferencia del nitrógeno y el potasio en sistemas a escala de laboratorio que simulan humedales artificiales de flujo vertical para corroborar si estos consorcios planta-soporte-microorganismos pueden eliminar el nitrógeno soluble de las aguas residuales tratadas a escala real)
  1. **Evaluación de la fitoextracción de aluminio en condiciones ácidas.** AMALIA PANIZZA DE LEÓN. Tutora: Dra. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería (Ingeniería Ambiental, Agua). UNAM. Defensa: Enero 28, 2010. Mención honorífica.  
132.248.9.195/ptd2010/enero/0653020/Index.html  
(Siguiendo la línea de investigación sobre el efecto de los metales pesados en seres vivos, se demostró que el aluminio solamente es biodisponible en condiciones ácidas, lo cual tiene mucha importancia para evitar los posibles daños de residuos que contengan aluminio)
  0. **Evaluación del método de la zona de la raíz en el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica.** Doctorado en Ingeniería (Ambiental): Alejandro Gutiérrez Sarabia. Tutor: Dr. Pedro Martínez Pereda. Degradación de aguas residuales de mataderos con humedales artificiales. Graduado 2005.

### Estancias académicas en la UNAM de estudiantes locales, nacionales y extranjeros

73. María Ángela Cordero Navarrete. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta 416000571. 6º semestre. Proyecto: **Estudio del destino del cadmio en plantas acuáticas que secuestran cadmio de aguas contaminadas.** Tutores: Pas. QFB Daniela Fuerte Martínez, Cand. Dra. María Guadalupe Soto Esquivel, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 10 al 14 de diciembre de 2018 y del 7 al 25 de enero de 2019.
72. Lizbeth López Coca. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química de Alimentos. No. de cuenta . 8º semestre. Proyecto: **Estudio del destino del cadmio en plantas acuáticas que secuestran cadmio de aguas contaminadas.** Tutores: Pas. QFB Daniela Fuerte Martínez, Cand. Dra. María Guadalupe Soto Esquivel, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 10 al 14 de diciembre de 2018 y del 7 al 25 de enero de 2019.
71. Rodolfo Antonio Sicardo Reyes. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química Metalúrgica. No. de cuenta 313044153. 7º semestre. Proyecto: **Evaluación de celdas de combustible microbianas vegetales como humedales artificiales para la depuración de aguas contaminadas.** Tutores: Dra. María Guadalupe Salinas Juárez, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 10 al 14 de diciembre de 2018 y del 7 al 25 de enero de 2019.
70. Hillary Ramírez Carmona. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 312233051. 3er Semestre. Proyecto: **Seguimiento de sistemas de humedales artificiales para tratar aguas residuales de tipo sanitario y producir electricidad.** Tutores: I.Q. Saira Itzel Ortiz Zamora, Dra. en Ing. María Guadalupe Salinas Juárez, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 12 al 30 de diciembre de 2017 y del 24 al 28 de enero de 2018.
69. Jeannete Elizabeth Garza Cabrales. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Carrera de Licenciatura en Biotecnología Genómica. No. de Matrícula: 1516214. Proyecto: **Caracterización y aislamiento de**

- 
- microorganismos presentes en efluentes de humedales artificiales asistidos electroquímicamente** Tutores: IQ Saira Itzel Ortiz-Zamora, Dra. en Ing. María Guadalupe Salinas-Juárez, Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 26 de junio al 11 de agosto de 2017. XXVII Programa de Estancias académicas "Veranos en la investigación" de la Academia Mexicana de Ciencias.
68. Jorge Luis Solar Infante. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutico-Biológica. No. de cuenta: 312060237. 5º Semestre. Proyecto: **Producción de bio-electricidad en sistemas que simulan humedales que tratan aguas residuales**. Tutores: IQ Saira Itzel Ortiz-Zamora, Dra. en Ing. María Guadalupe Salinas-Juárez, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 12 al 30 de junio de 2017 y del 24 al 28 de julio de 2017.
  67. Jéssica Shirel Méndez Galindo. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutico-Biológica. No. de cuenta: 312220181. 5º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica simultánea con la depuración de aguas residuales en celdas de combustible microbianas vegetales**. Tutores: Dra. en Ing. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez, IQ Óscar Hugo Miranda Méndez y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 13 al 16 de diciembre de 2016 y del 9 al 27 de enero de 2017.
  66. Alfonso Sánchez Hernández. No. de registro 3213112571. **Programa de estancias de investigación: Determinación de parámetros de calidad de agua y producción de electricidad en humedales artificiales asistidos electroquímicamente**. Licenciatura en TSU Química Área Tecnología Ambiental 6º cuatrimestre. Universidad Tecnológica de Puebla. Puebla, Puebla, México. Realización y acreditación de su Estadía Práctica como parte de su Servicio Social del 11 de mayo al 24 de agosto 2016 con una duración de 600 horas. Asesores: I.Q. Óscar Hugo Miranda Méndez, Cand. Dra. María Guadalupe Salinas Juárez, Profa. Silvia Cruz Rames y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa.
  65. Dazaet Galicia Badillo. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 312035563. 3er Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica simultánea con la depuración de aguas residuales en celdas de combustible microbianas vegetales**. Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez, IQ Óscar Hugo Miranda Méndez y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 4 al 29 de enero de 2016.
  64. Monserrat Aguilar Pichardo. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química. No. de cuenta: 310181592. 7º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica simultánea con la depuración de aguas residuales en celdas de combustible microbianas vegetales**. Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez, IQ Óscar Hugo Miranda Méndez y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 4 al 29 de enero de 2016.
  63. Jesús Artemio Osorio Morales. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 413079497. 3er. Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas: Destino ambiental de los plaguicidas**. Tutores: Cand. Dr. Víctor Jesús García Luna, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  62. Karla Batún Bolaños. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 309032920. 6º Semestre. Proyecto: **Uso de la fitorremediación para secuestrar cadmio en aguas residuales de la industria minera**. Tutores: M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  61. Miguel Antonio Bernal Gómez. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 311527535. 3er Semestre. Proyecto: **Uso de la fitorremediación para secuestrar cadmio en aguas residuales de la industria minera**. Tutores: M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  60. Areli Liliana Montes Pérez. UNAM. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 311111336. 3er semestre. Proyecto: **Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio**. Tutores: Cand. Dr. M. en I. Héctor Daniel García Mercado, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  59. Ixchel Nayeli González García. UNAM. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 310653293. 3er semestre. Proyecto: **Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio**. Tutores: Cand. Dr. M. en I. Héctor Daniel García Mercado, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  58. Brenda Viridiana Sánchez Campos. UNAM. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 308152250. 3er semestre. Proyecto: **Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio**. Tutores: Cand. Dr. M. en I. Héctor Daniel García Mercado, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  57. Tomás Campos Rosas. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 311184424. 3er Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas**. Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  56. Alan Hernández Espinosa. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 310236575. 5º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas**. Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  55. Carlos Razziel Azpilcueta Nicolás. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 414001527. 3er Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas**. Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  54. Lizette Lozano López. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 309195902. 6º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias**
-

- 
- electrogénicas.** Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
53. César Yahir Pimentel García. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 309124595. 5º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas.** Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 08 al 11 de diciembre de 2014 y del 05 al 23 de enero de 2015.
  52. Daniel Santos Contreras Serrano. No. de matrícula 13040019. **PROYECTO DE ESTANCIA ACADÉMICO-LABORAL: Colaboración en el proyecto de humedales artificiales asistidos electroquímicamente.** Licenciatura en Ingeniería en Tecnología Ambiental 4º cuatrimestre. Universidad Politécnica del Estado de Guerrero. Taxco de Alarcón, Guerrero, México. Octubre 2014. Asesoras: Cand. Dra. en Ing. M. en I. e I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa.
  51. Erick Eduardo Lugo Millán. No. de matrícula 13040041. **PROYECTO DE ESTANCIA ACADÉMICO-LABORAL: Colaboración en el proyecto de humedales artificiales asistidos electroquímicamente.** Licenciatura en Ingeniería en Tecnología Ambiental 4º cuatrimestre. Universidad Politécnica del Estado de Guerrero. Taxco de Alarcón, Guerrero, México. Octubre 2014. Asesoras: Cand. Dra. en Ing. M. en I. e I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa.
  50. Astrid Yohana Quintero Vargas. **Proyecto: Estudio de la caracterización de reactores que simulan celdas de combustible microbianas vegetales de acuerdo con el régimen de flujo.** Ingeniera Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Agosto 2014-Enero 2015.
  49. Abigail Rodríguez Velázquez. UNAM. Escuela Nacional Preparatoria No. 6 "Antonio Caso". No. de cuenta: 312281629. 6º año de preparatoria. Programa Jóvenes Hacia la Investigación. Proyecto: **Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio.** Tutores: Cand. Dr. M. en I. Héctor Daniel García Mercado, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014
  48. Luis Angel Corona Ortega. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 309039479. 6º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas.** Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014.
  47. Raúl Enrique Camiña Blando. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 308263130. 7º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica en humedales artificiales empleando bacterias electrogénicas.** Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014.
  46. Javier Iván Juárez Pérez. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 309190842. 5º Semestre. Proyecto: **Uso de la fitorremediación para secuestrar cadmio en aguas residuales de la industria minera.** Tutores: M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014.
  45. Crispín Morales Guzmán. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 412066926. 6º Semestre. Proyecto: **Uso de la fitorremediación para secuestrar cadmio en aguas residuales de la industria minera.** Tutores: M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014.
  44. Eduardo Morales Ruiz. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química Metalúrgica. No. de cuenta: 308132261. 8º Semestre. Proyecto: **Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio.** Tutores: Cand. Dr. M. en I. Héctor Daniel García Mercado, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014.
  43. Adriana Pamela Sánchez Nery. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química. No. de cuenta: 309557885. 6º Semestre. Proyecto: **Fitorremediación de suelos contaminados con mercurio.** Tutores: Cand. Dr. M. en I. Héctor Daniel García Mercado, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 9 de junio al 4 de julio del 2014.
  42. Daniela Fuerte Martínez. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 309037891. 6º Semestre. Proyecto: **Presencia de cadmio en agua de proceso de la minería.** Eliminación con meristemas de tules y carrizos: Efectos del metal. Tutores: M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos, Cand. Dra. en Ing. María Guadalupe Soto Esquivel, Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Del 2 de diciembre del 2013 al 17 de enero del 2014.
  41. Anna Cecilia Bojórquez Rodríguez. Instituto Tecnológico de Culiacán. Carrera de Ingeniería Bioquímica. No. de matrícula: 09170478. Proyecto: **Fitorremediación de mercurio de jales mineros en medios ácidos: Reacciones de secuenciación química del Hg en suelos.** Tutores: Cand. Dr. M. en I. IQ Héctor Daniel García Mercado y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 24 de junio de 2013 al 14 de agosto de 2013. XXIII Programa de Estancias académicas "Veranos en la investigación" de la Academia Mexicana de Ciencias.
  40. María Isabel Hernández Benito. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Carrera de Ingeniería Química. No. de matrícula: 10070794. Proyecto: **Generación de electricidad en un humedal artificial asistido electroquímicamente.** Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 20 de junio de 2013 al 9 de agosto de 2013. XXIII Programa de Estancias académicas "Veranos en la investigación" de la Academia Mexicana de Ciencias.
  39. Jorge Gustavo Rodríguez Aboytes. Instituto Tecnológico de Celaya. Carrera de Ingeniería Química. No. de control 09030745. Proyecto: **Análisis de los parámetros eléctricos: voltaje, corriente y potencia eléctrica, durante la etapa de arranque de un sistema de humedales asistidos electroquímicamente.** Tutores: Cand. Dra. M. en I. I.C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 20 de junio de 2013 al 9 de agosto de 2013. XXIII Programa de Estancias académicas "Veranos en la investigación" de la Academia Mexicana de Ciencias.
-

- 
38. Karen Yessica Gayosso Cruz. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 308180523. 6º Semestre. Proyecto: **Estudio de las bacterias responsables de la generación de energía eléctrica a partir de aguas residuales usando sistemas biológicos de humedales artificiales.** Tutores: M. en C. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 3 de junio de 2013 al 28 de junio de 2013.
  37. García Ayala Brendy Berenice. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 308056550. 5º Semestre. Proyecto: **Análisis del comportamiento microbiano y vegetal para su implementación en un humedal artificial a escala de laboratorio, capaz de remover plomo, mercurio y cromo en disolución.** Tutores: M. en I. Leonel Ernesto Amábilis Sosa y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 4 al 29 de junio del 2012.
  36. Cruz Herrera Yahuinci. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 309065607. 2º Semestre. Proyecto: **Estudio sobre la factibilidad de inocular con cepas tolerantes un humedal artificial a escala de laboratorio para la remoción de metales pesados.** Tutores: M. en I. Leonel Ernesto Amábilis Sosa y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 4 al 29 de junio del 2012.
  35. Jiménez Guevara Karla Victoria. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 306188839. 7º Semestre. Proyecto: **Efecto de la inoculación con cepas tolerantes en la eficiencia de remoción de metales pesados, en un sistema que simula un humedal artificial.** Tutores: M. en I. Leonel Ernesto Amábilis Sosa y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 27 de enero del 2012.
  34. Reyes García Liliana. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 307153869. 5º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica con una celda de combustible microbiana con plantas.** Tutores: M. en I. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 27 de enero del 2012.
  33. Gómez Alcántara César. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 412058738. 1er Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica con una celda de combustible microbiana con plantas.** Tutores: M. en I. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 27 de enero del 2012.
  32. Jiménez Viguera Stefanya. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 412058738. 5º Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica con una celda de combustible microbiana con plantas.** Tutores: M. en I. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 27 de enero del 2012.
  31. Cruz Méndez Rodolfo Iván. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 309018218. 1er Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica con una celda de combustible microbiana con plantas.** Tutores: M. en I. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 16 de diciembre de 2011 y del 5 al 20 de enero de 2012.
  30. Celis Pérez Natalia Crystel. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 412003116. 1er Semestre. Proyecto: **Producción de energía eléctrica con una celda de combustible microbiana con plantas.** Tutores: M. en I. María Guadalupe Salinas Juárez y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 16 de diciembre de 2011 y del 5 al 20 de enero de 2012.
  29. Cruz Bernardino Rosa María. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Química Farmacéutica Biológica. No. de cuenta: 410044140. 5º Semestre. Proyecto: **Efecto de la inoculación con cepas tolerantes en la eficiencia de remoción de metales pesados, en un sistema que simula un humedal artificial.** Tutores: M. en I. Leonel Ernesto Amábilis Sosa y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 16 de diciembre de 2011 y del 5 al 20 de enero de 2012.
  28. Estrada Martínez Daniel. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. No. de cuenta: 308249617. 3er Semestre. Proyecto: **Efecto de la inoculación con cepas tolerantes en la eficiencia de remoción de metales pesados, en un sistema que simula un humedal artificial.** Tutores: M. en I. Leonel Ernesto Amábilis Sosa y Profa. Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María del Carmen. Del 5 al 16 de diciembre de 2011 y del 5 al 20 de enero de 2012.
  27. Suárez Tlamayanco Nelly Arisbeth. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. Proyecto: **Ingeniería verde: Tratamiento de aguas residuales de minas.** Tutores: Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa y M. en I. María Guadalupe Soto Esquivel. Del 06 de junio al 1º de julio del 2011.
  26. Carbajal Carbajal Cristian Augusto. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. Proyecto: **Ingeniería verde: Tratamiento de aguas residuales de minas.** Tutores: Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa y M. en I. María Guadalupe Soto Esquivel. Del 06 de junio al 1º de julio del 2011.
  25. Cabrera Romero Héctor. UNAM, Facultad de Química. Carrera de Ingeniería Química. Proyecto: **Ingeniería verde: Tratamiento de aguas residuales de minas.** Tutores: Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa y M. en I. María Guadalupe Soto Esquivel. Del 06 de junio al 1º de julio del 2011.
  24. Christian Louis Hanotel Pinzón. Procedencia: ENP No. 9. Proyecto: **Humedales artificiales a escala de banco: Proceso ecológicamente sustentable. Caracterización de agua residual sintética y desarrollo de un humedal artificial a escala de banco.** 1er Año Semestre 2º. Tutores: Tutoras: IQ Vianey Ruiz López y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2009-2 y 2010-1. Del 12 de mayo al 03 de julio de 2009.
  23. Andrea Fernanda Calvillo León. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 3º. Proyecto: **Tratamiento de aguas residuales de minas empleando fitorremediación (humedales artificiales).** Premio, Tercer Lugar por su Informe Técnico. Tutores: IQ Vianey Ruiz López y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2009-1 y 2009-2. Del 05 al 30 de enero de 2009.
  22. José Antonio Pérez Hernández. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 5º. Proyecto: **Tolerancia al aluminio en plantas y su aplicación en fitorremediación.** Tutoras: Cand. Dra. Amalia Panizza de León y Profa. Dr.-
-

- 
- Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2008-2 y 2009-1. Del 02 de junio al 04 de julio de 2008.
21. Andrea Anthar Cabrera Peralta. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 3º. Proyecto: **Tolerancia al aluminio en plantas y su aplicación en fitorremediación**. Tutoras: Cand. Dra. Amalia Panizza de León y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2008-1y2. Del 07 de enero al 09 de febrero de 2008.
  20. Carlos Isaac Barrios Alvarado. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 3º. Proyecto: **Tolerancia al aluminio en plantas y su aplicación en fitorremediación**. Tutoras: Cand. Dra. Amalia Panizza de León y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2008-1y2. Del 07 de enero al 09 de febrero de 2008.
  19. Fabiola Bautista Molar. Procedencia: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Semestre: 8º. Proyecto: **Remoción de materia orgánica en un sistema de humedales artificiales de flujo horizontal**. Tutoras: Pas. I.Q. Sandra Leticia García-Arreola y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2006-2. Del 26 de junio al 25 de agosto de 2006.
  18. Lizbeth Reyes Abonce. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 2º. No. Cuenta 303201171. Proyecto: **Tratamiento de aguas residuales mediante la remoción de materia orgánica en humedales artificiales**. Tutoras: Pas. I.Q. Sandra Leticia García-Arreola y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2006-2. Del 26 de mayo al 07 de julio de 2006.
  17. M. Leticia Islas Rivera. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 8º. No. Cuenta 09818956-8. Proyecto: **Seguimiento de un sistema de tratamiento de agua residual mediante humedales artificiales usando técnicas de medición de concentraciones de DQO, de fosfatos y de nitratos**. Tutores: IQ Alejandro Guido-Zárate y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2006-2. Del 26 de mayo al 07 de julio de 2006.
  16. Ángel Gabriel Romero Luévano. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 3º. No. Cuenta 301081412. Proyecto: **Determinación de la remoción de *coliformes fecales* en un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial**. Tutoras: Pas. I.Q. Sandra Leticia García-Arreola y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2006-2. Del 26 de mayo al 07 de julio de 2006.
  15. Ana Lilia Cruces Martínez. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Semestre: 3º. No. Cuenta 301028846. Proyecto: **Remoción de coliformes totales en un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial**. Tutoras: Pas. I.Q. Sandra Leticia García-Arreola y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2006-2. Del 26 de mayo al 07 de julio de 2006.
  14. María del Rosario Hernández Cruz. Procedencia: UJAT, División Académica de Ciencias Biológicas. Estancia Académica de Investigación (AMC). Semestre: 8º. Proyecto: **Estabilización de residuos sólidos y semisólidos de sistemas de humedales artificiales produciendo compost**. Tutoras: I.C. Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-2. Del 1 de junio al 31 de agosto de 2005.
  13. Jéssica Deyanira Espada Márquez. Procedencia: ENP No. 2 "Erasmo Castellanos Quinto". Semestre: 6º año. No. Cuenta: 30411365-5. Proyecto: **Experimentación sobre la producción de "composta" con lodos primarios y hojarasca de humedales artificiales. Evaluación de reactores a escala de laboratorio para corroborar su calidad**. Tutoras: I.C. Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-1y2. Del 13 de junio al 8 de julio de 2005.
  12. Grecia Desiré Chavarría Pérez. Procedencia: ENP No. 2 "Erasmo Castellanos Quinto". Semestre: 6º año. No. Cuenta: 100000728. Proyecto: **Estabilización de lodos primarios por tratamiento biológico**. Tutoras: I.C. Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-1y2. Del 13 de junio al 8 de julio de 2005.
  11. Cynthia Sofía Rodríguez Mandujano. Procedencia: Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur. Semestre: 6º. No. Cuenta: 303315090. Promedio: 9.70. Proyecto: **Experimentación y análisis de "composta" producida con lodos primarios de humedales artificiales**. Tutoras: I.C. Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-2. Del 13 de junio al 8 de julio de 2005.
  10. Leslie Badillo Jiménez. Estudiante estancia corta de investigación. Procedencia: Facultad de Química. Semestre: Segundo. No. Cuenta: 30204936-1. Proyecto: **Estudio microbiológico en la rizosfera de un humedal artificial**. Tutores: IQ Alejandro Guido Zárate y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-2. Del 13 de junio al 8 de julio de 2005.
  9. Karen Flores Moreno. Estudiante estancia corta de investigación. Procedencia: Facultad de Química. Semestre: Segundo. No. Cuenta: 30207250-5. Promedio: 7.75. Proyecto: **Determinación de bacterias Gram positivas y Gram negativas en la zona radicular de plantas vasculares empleadas en humedales artificiales**. Tutores: IQ Alejandro Guido Zárate y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-2. Del 13 de junio al 8 de julio de 2005.
  8. Alinne Lemus Cázares. Estudiante estancia corta de investigación. Procedencia: Escuela Nacional Preparatoria Plantel 6 "Antonio Caso". Semestre: 5º Año. No. Cuenta: 304300033. Promedio: 9.70. Proyecto: **Humedales artificiales: Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales de comunidades rurales en México**. Tutores: IQ Alejandro Guido Zárate y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-2. Del 13 de junio al 8 de julio de 2005.
  7. Salvador Rodríguez Ramírez. Procedencia: Facultad de Química. Semestre: Octavo. No. Cuenta: 8925728-3. Promedio: 6.61. Proyecto: **Estabilización de subproductos de humedales artificiales**. Tutoras: I.C. Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2005-1y2. Del 14 de enero al 9 de febrero de 2005.
- R. 2005. Reconocimiento de PRIMER LUGAR a "Estancias Cortas" intersemestrales de estudiantes de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Departamento de Orientación Vocacional e Integración de la Secretaría de Atención a Alumnos de licenciatura de la carrera de Ingeniería Química. Facultad de Química de la UNAM. Para la investigación
-

- "Estabilización de subproductos de humedales artificiales"** al alumno Salvador Rodríguez Ramírez (bajo la supervisión conjunta de Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora y Carmen Durán). Abril 4, 2005 (fechado marzo de 2005). México, D.F. México
6. Elizabeth Virginia Mosqueda Rodríguez. Procedencia: Facultad de Química, UNAM. Carrera: Ingeniería Química. Semestre: Tercero. No. Cuenta: 30062571-0. Promedio: 8.0. Proyecto: **Uso de tecnologías más limpias (operación de un sistema experimental de flujo horizontal de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales)**. Tutores: Adrián Maya-Jasso y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2004-2. Del 14 de junio al 9 de julio de 2004.
  5. Claudia Patricia Romero Sánchez. Procedencia: ENP Plantel No. 6 "Antonio Caso". Semestre: 6o. Año. No. Cuenta: 302066737. Promedio: 9.6. Proyecto: **Uso de tecnologías más limpias (operación de un sistema experimental de flujo horizontal de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales)**. Tutores: Adrián Maya-Jasso y Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Intersemestre 2004-2. Del 14 de junio al 9 de julio de 2004.
  4. Patricia López Guzmán. **Proyecto: Utilización de un sistema a escala de laboratorio para tratar aguas residuales usando macrofitas indígenas de Tabasco**. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. MÉXICO. Marzo-julio 2002.
  3. Paul Schaller. **Proyecto: Establecimiento de las metodologías para la medición de la eficiencia de depuración de humedales artificiales** (Uso de carrizos y otras macrofitas en la depuración de aguas residuales). Dipl.-Ing. Universidad BOKU de Viena, Austria. Octubre 1997-Marzo 1998.
  2. Rodrigo Rojo Sánchez. Proyecto sobre humedales como sistemas de tratamiento de aguas residuales. Instituto Tecnológico de Sonora. México. Junio-Julio 1997.
  1. Christian Kneidinger. **Construcción e investigación de un sistema de humedales construídos para el tratamiento terciario de aguas residuales de la industria del procesamiento del maíz** (Construction and investigation of a constructed wetland system for the tertiary treatment of the maize processing industrial wastewater). Dipl.-Ing. Universidad BOKU de Viena, Austria. Octubre 1995-marzo 1996.

### Estudiantes de asignaturas terminales FQ-UNAM y servicio social (2001-2021)

42. DANIELA FUERTE MARTÍNEZ. Pas. Química Farmacéutico-Biológica. Núm. Cuenta 309037891. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA 2021 (Clave 2020-12/16-3078): **Apoyo a las comunidades aledañas a los sitios de explotación minera: Uso de hidrofítas en humedales artificiales**. Semestres 2021-2 y 2022-1 (17 de octubre de 2020 al 7 de junio de 2021. Carta: Agosto 20, 2021.
41. DANIELA FUERTE MARTÍNEZ (Núm. Cuenta 309037891), estudiante asignatura terminal Estancia Académica, Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, M. en I. María Guadalupe Soto Esquivel, asesores. **Cultivo de tejidos de hidrofítas: Efecto del cadmio como elemento potencialmente tóxico**. UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2019-02.
40. LUIS FERNANDO GARCÍA POBLANO. Pas. Ingeniería Química. Núm. Cuenta 304189483. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2015-12/16-2162): **Seguimiento de un humedal artificial en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur usado para potenciar el proceso didáctico**. Semestres 2015-2 y 2016-1 (25 de mayo al 11 de diciembre de 2015). Carta: Abril 14, 2016.
39. ESTEFANÍA LÓPEZ DORANTES. Pas. Ingeniería Química. Núm. Cuenta 308114616. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2015-12/16-2162): **Seguimiento de un humedal artificial en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur usado para potenciar el proceso didáctico**. Semestres 2015-2 y 2016-1 (25 de mayo al 11 de diciembre de 2015). Carta: Febrero 15, 2016.
38. MARTHA MARCELA ARROYO GINEZ. Pas. Ingeniería Química Metalúrgica. Núm. Cuenta: 308036808. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2014-12/16-604): **Factibilidad del uso de humedales artificiales para la remoción de metales pesados de aguas residuales, contaminantes que impactan negativamente a ecosistemas y a seres humanos**. Semestres 2015-1 y 2 (28 de noviembre de 2014 al 17 de junio de 2015). Carta: Junio 22, 2015 [Tesis en 2017: Evaluación de la corrosión en un bronce estándar, con ácido úrico, cloruros y mezcla de cloruros y ácido úrico; asesor Francisco Javier Rodríguez Gómez].
37. CRISTINA ITZEL ALBERTO PIMENTEL. Pas. Ingeniería Química. Núm. Cuenta: 306099258. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2014-12/16-604): **Humedales artificiales: Tratamiento de aguas residuales sanitarias y producción de energía eléctrica**. Semestre 2015-1 (15 de agosto de 2014 al 23 de febrero de 2015). Carta: Mayo 19, 2015.
36. KARLA VICTORIA JIMÉNEZ GUEVARA. Pas. Química Farmacéutica Biológica. Núm. Cuenta: 306188839. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2014-12/16-604): **Humedales artificiales para la eliminación de metales pesados**. Semestre 2014-2 (31 de enero al 31 de julio de 2014). Carta: Octubre 28, 2014 [Tesis en 2016: Evaluación de un método indirecto para la cuantificación rápida de biomasa bacteriana en aguas residuales; asesores María del Carmen Durán Domínguez y Dr. Leonel Ernesto Amábilis Sosa].
35. CRISTINA ITZEL ALBERTO PIMENTEL. Núm. Cuenta: 306099258, estudiante asignatura terminal. Evaluación de la influencia del agua residual sintética utilizando dos composiciones diferentes (fuente de nitrógeno y de carbono) sobre la generación de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal utilizando *Phragmites australis* y *Typha latifolia* como especies vegetales. Semestre 02/2015.

34. ALVAREZ ESQUIVEL DIANA YOMALLI. Número de cuenta: 3-0804386-2, estudiante de asignatura terminal. **Conformación del ánodo en humedales artificiales asistidos eletroquímicamente.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2015-02. Trabajo de Investigación II.
33. ALVAREZ ESQUIVEL DIANA YOMALLI. Número de cuenta: 3-0804386-2, estudiante de asignatura terminal. **Conformación del ánodo en humedales artificiales asistidos eletroquímicamente.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2015-01. Trabajo de Investigación I.
32. RUTH PÉREZ GONZÁLEZ. Núm. cuenta: 301246385, estudiante asignatura terminal. Adsorción de metales pesados en un biorreactor empacado con dos medios de soporte interactuando con bacterias tolerantes a metales pesados. Semestre 01/2015.
31. NADIA GABRIELA BORREGO SARACHAGA. Núm. Cuenta: 308008250, estudiante asignatura terminal. Seguimiento de mantenimiento y operación del Humedal Artificial del CCH Sur. Semestre 01/2015.
30. LEONEL ROJAS ROMERO. Núm. cuenta: 305118639, estudiante asignatura terminal. Influencia de una fuente externa de carbono en la producción de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal. Semestre 02/2014.
29. RAMÍREZ MARTÍNEZ SURYA ANAID. No. de cuenta: 305183020, estudiante de asignatura terminal. **Influencia de una fuente externa de carbono en la producción de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2014-02. Trabajo de Investigación II.
28. RAMÍREZ MARTÍNEZ SURYA ANAID. No. de cuenta: 305183020, estudiante de asignatura terminal. **Influencia de una fuente externa de carbono en la producción de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2014-01. Trabajo de Investigación I.
27. THANIA QUIROZ HERNÁNDEZ. Pas. Ingeniería Química. Núm. cuenta 410082258. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2013-12/16-1653) **Humedales artificiales asistidos electroquímicamente a escala de laboratorio.** Semestre 2014-2 (27 de enero a 28 de julio de 2014). Carta: Octubre 28, 2014.
26. ALEJANDRO CAMACHO OREA. Pas. Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Núm. cuenta 410086933. Facultad de Ingeniería, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, UNDÉCIMA ETAPA (Clave 2013-12/16-1696), Facultad de Química, UNAM: **Desarrollo de aplicación en la plataforma Labview para el seguimiento de parámetros de celdas electroquímicas.** Semestres 2014-1 y 2 (03 de diciembre de 2013 a 03 de octubre de 2014). Carta: Octubre 21, 2014.
25. KAREN LETICIA GANADO CASTILLO. Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad La Salle. Noveno semestre. Clave ULSA: 081539. Iniciado el 22 de octubre de 2012 y terminado el 22 de julio de 2013. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA e INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL (Clave de registro de la institución: 0307. Clave de autorización del programa: SS552). **Uso de humedales artificiales para comunidades con problemas de metales pesados.** Responsable del Programa: Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa. Carta final: Agosto 20, 2013.
24. DIANA LILIA ÁLVAREZ AGUILAR (Núm. cuenta: 30228658-6), estudiante, Cand. Dr. Leonel E. Amábilis Sosa y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. "Evaluación de la capacidad de remoción de metales pesados (cromo y plomo) presentes en agua sintética mediante el uso de reactores biológicos que simulan humedales artificiales con biomasa bacterianas a escala de laboratorio". UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2013-02.
23. ROQUE OCHOA POBLANO. Pas. Química Farmacéutica Biológica. Núm. cuenta 09808582-4. Facultad de Química, UNAM. PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DUODÉCIMA ETAPA (Clave 2011-12/16-1542): **Humedales artificiales, sistemas idóneos para la eliminación de metales pesados:** Identificación 10 cepas de bacterias del género *Bacillus*. Semestre 2010-2 a 2011-2 (17 de febrero de 2010 al 11 de abril de 2011). Carta: Septiembre 8, 2011.
22. RAÚL EDUARDO COLÓ ANDRADE (Núm. Cuenta 407010161), estudiante asignatura terminal, M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. "Construcción de reactores biológicos que simulan humedales artificiales para la evaluación de la capacidad de remoción de contaminantes presentes en aguas residuales sintéticas que contengan metales pesados". UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2011-01.
21. MARCO ANTONIO RUBIO TOVAR (Núm. Cuenta 099283494), estudiante asignatura terminal, Dr. Reynaldo Sandoval González y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. "Estudio de un sistema de humedales artificiales: Desarrollo de un sistema integrador de mantenimiento y operación eficiente". UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2010-01.
20. YANELI RUBÍ ELIZALDE PÉREZ (Núm. Cuenta 308101618), estudiante asignatura terminal, Dr. Reynaldo Sandoval González y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. "Estudio de un sistema de humedales artificiales: Desarrollo de un sistema integrador de mantenimiento y operación eficiente". UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2010-01.
19. CLAUDIA LÓPEZ VALLADARES (Núm. Cuenta 300181681), estudiante asignatura terminal, Dr. Reynaldo Sandoval González y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. "Estudio de un sistema de humedales artificiales: efecto del tiempo de residencia hidráulico en su desempeño, considerándolo como un reactor secuenciado". UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2010-01.
18. MARTHA LETICIA ISLAS RIVERA. Pas. Ingeniería Química. Núm. Cuenta 09818956-8. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DOCEAVA ETAPA (Clave 2006-12/16-1870): **Seguimiento de un sistema de tratamiento de agua residual sintética usando humedales artificiales a escala de laboratorio mediante la técnica de medición de concentraciones de materia disuelta conocida como demanda química de oxígeno, DQO.** Semestres 2007-1 y 2007-2 (06 de octubre de 2006 al 06 de abril de 2007). Carta: Junio 18, 2007 [Tesis en 2008: Síntesis y caracterización de catalizadores de vanadio - magnesio para la reducción de azufre en Diesel; asesor Luis Cedeño Caero] [Tesis de Maestría en Ingeniería (Ingeniería Ambiental) en 2013: Propuesta para la disposición final de los sedimentos del lago del parque recreativo Alameda Oriente, México

- 
- D.F., con base en sus propiedades físicas, geoquímicas y la normatividad existente en (la) materia; tutor principal de tesis Georgina Fernández Villagómez].
17. ANGÉLICA LEÓN MEJÍA (Núm. Cuenta 403004731), estudiante asignatura terminal, Dr. Reynaldo Sandoval González y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. **Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales: Mecanismos de transferencia de oxígeno a la zona radicular, a través de mediciones de potenciales de óxido-reducción.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2007-01.
  16. SANDRA LETICIA GARCÍA ARREOLA. Pas. Ingeniera Química. Núm. cuenta 09913378-4. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. PIQAYQA, PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, UNDÉCIMA ETAPA (Clave 2006-12/16-1870): **Estudio de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, estabilización de una planta prototipo de flujo horizontal.** Semestres 2006-1 y 2006-2 (01 de agosto de 2005 al 31 de julio de 2006). Carta: Agosto 9, 2006 [Tesis en 2006].
  15. HUANOSTA GUTIÉRREZ THALÍA, No. de cuenta: 098052381, estudiante. **Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical para remover nitrógeno en todas sus formas (nitritos, nitratos, amoniacal, orgánico).** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2006-01. Trabajo de Investigación II.
  14. MARÍA IVONNE REYES LUZ (Núm. Cuenta 09806413-7), estudiante asignatura terminal, IQ José Antonio Ortiz Ramírez y Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesores. **Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical para remover fósforo.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2006-01.
  13. MARÍA IVONNE REYES LUZ. Pas. Ingeniera Química. Núm. cuenta 09806413-7. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL, DÉCIMA ETAPA (Clave 2006-12/16-1870): **Estudio de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, adaptación de macrofitas a escala de laboratorio en un sistema de flujo vertical.** Semestres 2005-2 y 2006-1 (01 de marzo de 2005 al 01 de septiembre de 2005). Carta: Septiembre 2, 2005 [Tesis en 2006].
  12. ERNESTO ADRIÁN MAYA JASSO. Pas. Ingeniero Químico. Núm. cuenta 09660292-8. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2004-12/16-3992): **Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. Estudio de los humedales artificiales como reactores de flujo pistón para el tratamiento de agua residual.** Semestre 2004-2 a 2005-2 (18 de marzo de 2004 al 18 de febrero de 2005). Carta: Marzo 2, 2005 [Tesis en 2008].
  11. JESÚS RODRÍGUEZ MONROY. Pas. Ingeniero Químico. Núm. cuenta 9758624-9. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2003-12/16-3992): Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. **Estudio de los humedales artificiales como reactores de flujo pistón para el tratamiento de agua residual.** Semestre 2003-2 (03 de febrero al 03 de agosto de 2003). Carta: Octubre 31, 2003 [Tesis en 2005].
  10. RAÚL HORACIO CAMARILLO LÓPEZ. Núm. Cuenta 9532286-5, estudiante asignatura terminal. Tema: Evaluación de la eliminación de organismos patógenos en aguas residuales usando sistemas de humedales artificiales. Semestre 01/2004.
  9. AZUCENA REYES DÍAZ. Núm. Cuenta 9316502-6, estudiante asignatura terminal. Tema: **Evaluación de la eliminación de organismos patógenos en aguas residuales usando sistemas de humedales artificiales.** Semestre 2004-01.
  8. SANDRA GUZMÁN AGUIRRE. Núm. Cuenta 9307619-1, estudiante asignatura terminal. Tema: **Evaluación de la eliminación de organismos patógenos en aguas residuales usando sistemas de humedales artificiales.** Semestre 2003-01.
  7. Jesús Rodríguez Monroy (Núm. Cuenta 97586249), estudiante asignatura terminal, Dra.-Ing. Carmen Durán-de-Bazúa, asesora. **Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical para remover nitrógeno.** UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Semestre 2003-01.
  6. ENEDINO VARELA MONTELLANO. Pas. Ingeniero Químico. Núm. cuenta 9757773-1. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2001-12/16-3992): Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. **Estudio de los humedales artificiales de flujo horizontal para el tratamiento de aguas residuales.** Semestre 2001-02 (Nov. 2001-May. 2002). Esta investigación obtuvo el Premio al Servicio Social "Gustavo Baz Prada 2003". Septiembre, 2003. Carta: Julio 16, 2002 [Tesis en 2003].
  5. ARTURO RODRÍGUEZ CRUZ. Pas. Ingeniero Químico. Núm. cuenta 9204944-4. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2001-12/16-3992): Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. Estudio de los humedales artificiales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales. Semestre 2001-02 (Nov. 2001-May. 2002). Esta investigación obtuvo el Premio al Servicio Social "Gustavo Baz Prada 2003". Septiembre, 2003. Carta: Julio 16, 2002 [Tesis en 2003].
  4. CARLOS HUMBERTO JUÁREZ MÉNDEZ. Pas. Biólogo. Núm. cuenta 9560251-6. Facultad de Ciencias, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2001-12/16-3992): Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. **Estudio de los sistemas humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, microorganismos indicadores.** Semestre 2001-02 (Dic. 2001-Jun. 2002). Carta: Julio 8, 2002 [Tesis en 2008: Evaluación de fitorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos, utilizando tres especies; asesor Juan Antonio Zermelo Eguía-Lis].
  3. ADRIANA PAOLA REYES CÓRDOBA. Pas. Ingeniera Química. Núm. cuenta 9850865-1. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2001-12/16-3992): **Estudio de los humedales artificiales como reactores de flujo pistón para el tratamiento de aguas residuales.** Semestre 2002-01 (Abril-Noviembre 2001).
  2. JOSÉ SUÁREZ TRUEBA. Pas. Ingeniero Químico. Núm. cuenta 9758809-2. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2000-12/16-3992): Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. **Estudio de los humedales artificiales como reactores de flujo pistón para el tratamiento de aguas residuales a escala de banco.** Semestre 2001-01. Carta: Agosto 22, 2001 [Tesis en 2001: La vinculación de los conceptos de equipo y grupo hacia la constitución de equipos de alto desempeño; asesor Alejandro León Iñiguez Hernández].
-

1. PEDRO LUIS ESPONDA AGUILAR. Pas. Ingeniero Químico. Núm. cuenta 9753716-2. Facultad de Química, UNAM. PIQAYQA, Tercera Etapa (Clave 2000-12/16-3992): **Reaprovechamiento de subproductos de la industria de proceso. Estudio de los humedales artificiales como reactores de flujo pistón para el tratamiento de aguas residuales**. Semestre 2001-02 (Feb. 20-Ago. 20, 2001). Esta investigación obtuvo el Premio al Servicio Social "Gustavo Baz Prada 2002". Septiembre, 2002. Carta: Agosto 22, 2001 [Tesis en 2001].

### 3. PRESENTACIONES MÁS IMPORTANTES EN CONGRESOS, SEMINARIOS ESPECIALES, etc., para socializar el uso de los humedales artificiales (llamados también construídos)

92. 16th INTERNATIONAL PHYTOLOGICAL CONFERENCE 2019. Effect of cadmium on plant tissue: Mass of undifferentiated cells (callus, *Phragmites australis*). D. Fuerte-Martínez, M.T.d.J. Olivera-Flores, M.d.C. Durán-Domínguez-de-Bazúa. International Phytotechnology Society. Sept. 23-27, 2019. Changsha, China (\*R, I:6 págs.).
91. 33<sup>th</sup> LATIN-AMERICAN CONGRESS OF CHEMISTRY (33-CLAQ). X CONGRESS OF CHEMICAL SCIENCES, TECHNOLOGY AND INNOVATION (QUIMICUBA'2018). V INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY. El tratamiento descentralizado del agua residual de pequeñas localidades rurales y suburbanas: Los humedales construídos, una tecnología a considerar. Prof. Amado Enrique Navarro-Frómata, M.C. Durán-Domínguez-de-Bazúa, *Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, México*. F-C-002. Sociedad Cubana de Química, Cuban Section of Biochemistry and Molecular Biology (SCBBM). Octubre 9-12, 2018. La Habana, Cuba.
90. 33<sup>th</sup> LATIN-AMERICAN CONGRESS OF CHEMISTRY (33-CLAQ). X CONGRESS OF CHEMICAL SCIENCES, TECHNOLOGY AND INNOVATION (QUIMICUBA'2018). V INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY. *Chemistry applications to wastewater treatment: Case studies in Mexico and Cuba*. Bazúa-Rueda E.R., Bernal-González M., Durán-Domínguez-de-Bazúa M.C.<sup>1</sup>, Espinosa-Aquino B., García-Gómez R.S., Herrera-Cárdenas J.A., Kappelmeyer U., Navarro-Frómata A.E., Ruiz-Cárdenas N.J., Ramírez-Burgos L.I., Salinas-Juárez M.G., Salgado-Bernal Irina, Solís-Fuentes J.A. *UNAM, México*. F-O-15. Sociedad Cubana de Química, Cuban Section of Biochemistry and Molecular Biology (SCBBM). Octubre 9-12, 2018. La Habana, Cuba.
89. IV CONFERENCIA PANAMERICANA DE SISTEMAS DE HUMEDALES para el tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua. Comparación de medios de empaque, usados como ánodos, en un humedal artificial asistido electroquímicamente a escala de laboratorio. María Guadalupe Salinas-Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Universidad Nacional Agraria en el Distrito de la Molina. Mayo 15-18, 2018. Lima, Perú.
88. VII Congreso Internacional de la AMCATH. TA-06 Evaluación de la remoción de materia orgánica y producción de bioelectricidad en una celda de combustible microbiana vegetal a escala de laboratorio / *Removal evaluation of organic matter and bioelectricity production in a microbial fuel cell at laboratory scale*. Surya Anaid Ramírez-Martínez, María Guadalupe Salinas-Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Academia Mexicana de Ciencias Artes Tecnología y Humanidades y UNAM. Ciudad de México, México. Octubre 16-21, 2017 (\*R, pp. 441-450).
87. 14th INTERNATIONAL PHYTOLOGICAL CONFERENCE 2017. Fate of mercury in phytoremediation process using *P. monspeliensis* and *C. odoratus*. Dr. en I. García-Mercado Héctor Daniel, Fernández-Villagómez Georgina, Dr. Garzón-Zúñiga Marco Antonio, Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen. International Phytotechnology Society. Sept. 27-30, 2017. Montreal, Quebec, Canadá (\*R, I:16 págs.).
86. PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Producción de electricidad en sistemas de humedales asistidos electroquímicamente. Oscar Hugo Miranda-Méndez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Colegio de Ingenieros Ambientales de México (CINAM). Febrero 21-23, 2017 - Nave 3, Parque Tabasco Doña María, Villahermosa, Tabasco.
85. RESURBE III, INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN AND REGIONAL RESILIENCE, Empowering Local Communities for Local Action. 2016. Polluted water threats to urban resilience: Case studies in Mexico and Havana Cities. Durán-Domínguez-de-Bazúa, María-del-Carmen, Salgado-Bernal, Irina, Navarro-Frómata, A. Enrique, Kappelmeyer, Uwe, Espinosa-Aquino, Beatriz, Ruiz-Cárdenas, N. José, Bernal-González, Marisela, García-Gómez, Rolando Salvador, Ramírez-Burgos, Landy Irene, Arreguín-Rojas, Agustín. UNAM, Facultad de Arquitectura, RECNET, UNESCO. Febrero 16-20, 2016. Ciudad de México, México (\*R, I:24 págs.).
84. VI Seminario Internacional de Expertos en el tratamiento de Efluentes y Residuos Industriales / *VI International Seminar of Experts in the Treatment of Industrial Effluents and Residues*. Calidad del agua en un sistema de humedales artificiales a nivel prototipo que recibe aguas residuales de un plantel educativo / *Water quality in a constructed wetland system prototype receiving wastewaters from a senior high school* (IAYAR-05). Nadia Gabriela Borrego-Saráchaga, Salvador Alejandro Sánchez-Tovar, Narciso José Ruiz-Cárdenas, Luis Fernando García-Poblano, Marisela Bernal-González, Landy Irene Ramírez-Burgos, Rolando Salvador García-Gómez. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. UNAM (LIQAYQA-DIQ-FQ, CCA), MCE2-San Diego, UJAT (DACBiol), etc. México D.F., México. Noviembre 11-14, 2015 (\*R, I:10 págs.).
83. VI Seminario Internacional de Expertos en el tratamiento de Efluentes y Residuos Industriales / *VI International Seminar of Experts in the Treatment of Industrial Effluents and Residues*. Adsorción de metales pesados en dos materiales pétreos usados como medios de soporte en humedales artificiales / *Adsorption of heavy metals in two petreous materials used as support media for artificial wetlands* (SyAS-02). Ruth Pérez-González, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. UNAM (LIQAYQA-DIQ-FQ, CCA), MCE2-San Diego, UJAT (DACBiol), etc. México D.F., México. Noviembre 11-14, 2015 (\*R, I:10 págs.).
82. VI Seminario Internacional de Expertos en el tratamiento de Efluentes y Residuos Industriales / *VI International Seminar of Experts in the Treatment of Industrial Effluents and Residues*. Fitorremediación de mercurio en suelos y su destino ambiental / *Phytoremediation of mercury in soils and its environmental fate* (SyAS-01). Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, Marco Antonio Garzón-Zúñiga, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. UNAM

- (LIQAYQA-DIQ-FQ, CCA), MCE2-San Diego, UJAT (DACBIOL), etc. México D.F., México. Noviembre 11-14, 2015 (\*R, I:10 págs.).
81. 12th INTERNATIONAL PHYTOTECNOLOGIES CONFERENCE 2015. Fate of mercury in polluted soils using wetlands. M. en I. García-Mercado Héctor Daniel, Fernández-Villagómez Georgina, Dr. Garzón-Zúñiga Marco Antonio, Dr.-Ing. Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen. International Phytotechnology Society. Sept. 27-30, 2015. Manhattan, Kansas, U.S. (\*R, I:16 págs.).
  80. XXIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOELECTROCHEMISTRY AND BIOENERGETICS. Plant and microorganisms support media for electricity generation in biological fuel cells with living plants. Cand. Dra. María Guadalupe Salinas-Juárez, Dr. Pedro Roquero-Tejeda, Dra. Gabriela Eleonora Moeller-Chávez, Dra. Carmen Durán-Domínguez. Junio 14-18, 2015. Malmö, Suecia (\*R, p. 152, I: 20 págs.).
  79. 6<sup>th</sup> CONGRESS OF EUROPEAN MICROBIOLOGISTS, FEMS 2015. Bioremediation of wastewater by rhizobacteria and their application in artificial wetlands (182, p. 138). Salgado-Bernal, I., Cruz-Arias, M., Carballo-Valdés, M.E., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.C. Federation of European Microbiological Societies, FEMS. June 7-11, 2015. Maastricht, The Netherlands. <http://emdstudio.co.il/ebook/fems2015/program.pdf>
  78. 2º CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE ENERGÍAS RENOVABLES. CNEER-2014. Identificación primaria de las bacterias que intervienen en la generación de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal. Griselda Itzel Erazo-Cortés, Surya Ramírez-Martínez, María Guadalupe Salinas Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Noviembre 3-5, 2014. Temixco, Mor., México (\*R, I:10 págs.).
  77. IWA-WWC&E2014, IWA World Water Congress & Exhibition 2014. Constructed wetlands inoculated with heavy metals tolerant strains for treatment of effluents with Hg, Pb and Cr. Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Karla Victoria Jiménez-Guevara, Landy Irene Ramírez-Burgos, Christina Desirée Siebe-Grabach, Gabriela Eleonora Moeller-Chávez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. International Water Association. Septiembre 21-26, 2014. Lisboa, Portugal (\*R)
  76. SEMANA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM 2014. Diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales en la comunidad de Santa María Coatepec, El Seco, Puebla, México. Oscar Secundino-Sánchez, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Marisela Bernal-González, Eduardo González-Flores, María del Carmen Durán-Domínguez. UNAM, Facultad de Química, Secretaría Académica de Investigación y Posgrado, SAIP. Septiembre 12, 2014. México D.F., México.
  75. SEMANA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM 2014. Balance másico de mercurio usando sistemas biológicos terrestres de remediación. Héctor Daniel García-Mercado, Marco Antonio Garzón-Zúñiga, Georgina Fernández-Villagómez, Landy Irene Ramírez-Burgos, María del Carmen Durán-Domínguez. UNAM, Facultad de Química, Secretaría Académica de Investigación y Posgrado, SAIP. Septiembre 12, 2014. México D.F., México.
  74. 2014 VIII MINISIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS ATMÓSFERA Y SUELOS / *EIGHTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WATER, ATMOSPHERE, AND SOIL*. Balance másico de mercurio usando sistemas biológicos terrestres de remediación / *Mass balance of mercury using biological remediation terrestrial systems*. Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, Marco Antonio Garzón Zúñiga, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Villahermosa, Tabasco México. Junio 25-28, 2014 (\*R).
  73. 2014 VIII MINISIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS ATMÓSFERA Y SUELOS / *EIGHTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WATER, ATMOSPHERE, AND SOIL*. Diseño de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para el tratamiento de agua residual en Santa María Coatepec El Seco, Puebla, México/ *Design of a horizontal subsurface flow artificial wetland for treatment of wastewater in Santa Maria Coatepec El Seco, Puebla, Mexico*. Oscar Secundino-Sánchez, Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Eduardo González-Flores, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Villahermosa, Tabasco México. Junio 25-28, 2014 (\*R).
  72. 2014 VIII MINISIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE AGUAS ATMÓSFERA Y SUELOS / *EIGHTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WATER, ATMOSPHERE, AND SOIL*. Estudio de la remoción de materia orgánica en celdas de combustible microbianas vegetales a escala de laboratorio/ *Study of the removal of organic matter in plant-microbial fuel cells at laboratory scale*. Griselda Itzel Erazo-Cortés, Surya Anaíd Ramírez-Martínez, María Guadalupe Salinas-Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Villahermosa, Tabasco México. Junio 25-28, 2014 (\*R).
  71. 1er. CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE ENERGÍAS RENOVABLES. CNEER-2013. Identificación primaria de las bacterias que intervienen en la generación de electricidad en una celda de combustible microbiana vegetal. M. en I. María Guadalupe Salinas Juárez, Dra. Ma. del Carmen Durán Domínguez, Dr. Pedro Roquero Tejeda. Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Octubre 29 al 31, 2013. Temixco, Mor., México (\*R, I:10 págs.).
  70. 2º COLOQUIO DE ENERGÍA: USO ACTUAL DE LA ENERGÍA Y ENERGÍAS RENOVABLES. Fotosíntesis: una fuente de energía renovable. María Guadalupe Salinas Juárez, Ma. del Carmen Durán Domínguez y Pedro Roquero Tejeda. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo y Universidad Autónoma de la Ciudad de México. México D.F., México. Octubre 21 al 25, 2013 (\*R, I:6 págs.).
  69. DIVERSIFICACIÓN 2013: XII Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados. Arqueas termófilas, identificación y utilidad. Estudio de caso: Vinazas de la fermentación y destilación del jugo de caña de azúcar como sustrato. Marisela Bernal-González, Sandra Vergara-Salgado, Diana Toscano-Pérez, Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. La Habana, Cuba. Octubre 14-18, 2013 (\*R: I:15 págs.).
  68. JORNADAS DEL AGUA UNAM. Humedales artificiales para el tratamiento de agua residual como fuente de energía renovable. María Guadalupe Salinas-Juárez, Ma. del Carmen Durán-de-Bazúa, Gabriela Moeller-Chávez, Pedro Roquero-Tejeda. Exposición de Carteles. PUMAGUA y Red del Agua, UNAM. Agosto 27-29, 2013. México, D.F., México.
  67. SEMANA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM. Uso de plantas y bacterias para depurar suelos y aguas y para producir energía eléctrica, así como de arqueas para limpiar aguas residuales produciendo metano.

- 
- María Guadalupe Salinas-Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Secretaría Académica de Investigación y Posgrado, Facultad de Química, UNAM. Agosto 12-16, 2013. México, D.F., México.
66. IX CONVENCION INTERNACIONAL SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Inóculos de bacterias rizosféricas como estrategia para la restauración ecológica de humedales. Irina Salgado-Bernal, Mario Cruz-Arias, María E. Carballo-Valdés, María del Carmen Durán-Domínguez. La Habana, Cuba. Julio 8-12, 2013 (\*R: P. 137, <http://www.cubambiente.com/memorias/2013/Biodiversidad.pdf>).
  65. QUINTO SIMPOSIO INTERNACIONAL DE QUÍMICA 2013. Humedales artificiales bioaumentados con rizobacterias como tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Irina Salgado-Bernal, Mario Cruz-Arias, María E. Carballo-Valdés, Armando Martínez-Sardiñas, María del Carmen Durán-Domínguez. Cayo Santa María, Cuba. Junio 4-7, 2013 (\*R).
  64. XXXIV ENCUENTRO NACIONAL DE LA ACADEMIA MEXICANA DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN INGENIERÍA QUÍMICA y III CONGRESO INTERNACIONAL DE LA AMIDIQ. Remoción de mercurio y cromo en un humedal artificial inoculado con cepas tolerantes. Amábilis-Sosa Leonel E., Durán-Domínguez María del Carmen. Mazatlán, Sinaloa, México. Mayo 7-10, 2013 (\*R).
  63. 3<sup>rd</sup> IWA MEXICO NATIONAL YOUNG WATER PROFESSIONALS CONFERENCE. *Phragmites australis* como adyuvante en la producción de electricidad en un reactor a escala de laboratorio que trata agua residual. M. G. Salinas-Juárez, P. Roquero-Tejeda, M. C. Durán-Domínguez-de-Bazúa. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. Abril 24-26, 2013 (\*R, I:4 págs.).
  62. X SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA ANALÍTICA AMBIENTAL Y SANITARIA / X LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON ANALYTICAL ENVIRONMENTAL AND SANITARY CHEMISTRY. El uso de la técnica de cultivo de tejidos para potenciar la investigación sobre el estudio del efecto de elementos y sustancias tóxicas en ambientes naturales y hechos por el hombre: Determinación del efecto del cadmio en hidrófitas, *Phragmites australis* y *Typha latifolia*, empleando cultivo de tejidos / The use of tissue culture techniques to enhance research on the study of the effects of toxic elements and compounds in natural and man-made environments: Cadmium effect on hydrophytes, *Phragmites australis* and *Typha latifolia* using tissue culture. María Guadalupe Soto-Esquivel, José Antonio Barrera-Godínez, Petia Mijaylova-Nacheva, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Puebla de Zaragoza, Puebla, México. Abril 10-13, 2013 (\*R).
  61. X SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA ANALÍTICA AMBIENTAL Y SANITARIA / X LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON ANALYTICAL ENVIRONMENTAL AND SANITARY CHEMISTRY. Remoción de metales pesados a través de un humedal artificial inoculado con cepas tolerantes / Removal of heavy metals through an constructed wetland inoculated with tolerant strains. Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Karla Victoria Jiménez-Guevara, Landy Irene Ramírez-Burgos, Christina Desirée Siebe-Grabach, Gabriela Eleonora Moeller-Chávez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Puebla de Zaragoza, Puebla, México. Abril 10-13, 2013 (\*R).
  60. X SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA ANALÍTICA AMBIENTAL Y SANITARIA / X LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON ANALYTICAL ENVIRONMENTAL AND SANITARY CHEMISTRY. Humedales artificiales como fuente de energía renovable / Constructed wetlands as a renewable energy source. María Guadalupe Salinas-Juárez, Gabriela Eleonora Moeller-Chávez, Pedro Roquero-Tejeda, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Puebla de Zaragoza, Puebla, México. Abril 10-13, 2013 (\*R).
  59. SEGUNDO SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES Y SUSTENTABILIDAD 2013. Estudio de la generación de electricidad en un humedal asistido electroquímicamente. María Guadalupe Salinas-Juárez, Gabriela E. Moeller-Chávez, Pedro Roquero-Tejeda, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Marzo 20-22, 2013. Temixco, Morelos, México (\*R).
  58. EXPOSICIÓN SOBRE INVENCIÓNES E INNOVACIONES TECNOLÓGICAS relacionadas con los HUMEDALES ARTIFICIALES para su uso en el tratamiento de aguas residuales. DÍA INTERNACIONAL DE LOS HUMEDALES. Proyecto INFOCAB-DGAPA-UNAM 2012. A. Arreguín-Rojas, Refugio González-Sandoval, Salvador Sánchez-Tovar, C. Durán-de-Bazúa. UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur. MÉXICO D.F., MÉXICO. Febrero 1, 2013.
  57. SEVENTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WASTEWATERS, ATMOSPHERE, AND SOILS 2012. Implementación de un humedal artificial a escala de laboratorio inoculado con bacterias tolerantes a metales capaz de remover mercurio, cromo y plomo / Implementation of an artificial wetland at lab scale inoculated with metal tolerant bacteria capable of removing Mercury, chrome, and lead. Leonel Ernesto Amábilis-Sosa, Karla Victoria Jiménez-Guevara Christina Siebe-Grabach, Gabriela Eleonora Moeller-Chávez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Septiembre 12-15, 2012. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México (\*R).
  56. SEVENTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WASTEWATERS, ATMOSPHERE, AND SOILS 2012. Procesos para la biorremediación de suelos y sedimentos contaminados con mercurio / Bioremediation processes for soil and sediments contaminated with mercury. Héctor Daniel García-Mercado, Georgina Fernández-Villagómez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Septiembre 12-15, 2012. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México (\*R).
  55. XXXIII ENCUENTRO NACIONAL DE LA ACADEMIA MEXICANA DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN INGENIERÍA QUÍMICA y II CONGRESO INTERNACIONAL DE LA AMIDIQ. Estudio de la degradación de un colorante modelo usando un sistema fotocatalítico heterogéneo (Fe/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>) seguido de un sistema de humedales artificiales (*Phragmites australis*): Parte II. Pruebas en serie, fotocatalíticas y biológicas. Gordillo-Cruz Elizabeth, Orozco-Ceros Sayra Lissette, Rodríguez-Vázquez Refugio, Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen. San José del Cabo, Baja California Sur, México. Mayo 1-4, 2012 (\*R).
  54. SEGUNDO CONGRESO DE ALUMNOS DE POSGRADO. Estudio de la generación de electricidad en una celda de combustible microbiana que simula un humedal artificial que trata agua residual sintética. María Guadalupe Salinas-Juárez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. UNAM, Coordinación de Estudios de Posgrado. México, D.F., México. Abril 25-27, 2012 (\*R).
  53. SEGUNDO CONGRESO DE ALUMNOS DE POSGRADO. Eliminación de cadmio en un sistema que simula un humedal artificial, efecto de la hidrofita. María Guadalupe Soto-Esquivel, Carmen Durán-de-Bazúa, Ofelia Morton-Bermea, José Antonio Barrera-Godínez. UNAM, Coordinación de Estudios de Posgrado. México, D.F., México. Abril 25-27, 2012 (\*R).
-

52. SEGUNDO CONGRESO DE ALUMNOS DE POSGRADO. Efecto de la inoculación con cepas tolerantes en la eficiencia de remoción de metales pesados, en un sistema que simula un humedal artificial. Leonel Ernesto Amábilis Sosa (Doctorante, Maestro en Ingeniería Ambiental), Gabriela Eleonora Moeller Chávez, Christina Desireé Siebe Grabach, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Tutora, Profesora Titular C TC). UNAM, Coordinación de Estudios de Posgrado. México, D.F., México. Abril 25-27, 2012 (\*R).
51. EXPOSICIÓN SOBRE INVENCIONES E INNOVACIONES TECNOLÓGICAS relacionadas con los HUMEDALES ARTIFICIALES para su uso en el tratamiento de aguas residuales. DÍA INTERNACIONAL DE LOS HUMEDALES. Proyecto INFOCAB-DGAPA-UNAM 2012. A. Arreguín-Rojas, Refugio González-Sandoval, Salvador Sánchez-Tovar, C. Durán-de-Bazúa. UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur. MÉXICO D.F., MÉXICO. Febrero 2, 2012.
50. LI CONVENCION NACIONAL DEL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS. Estudio de la degradación de un colorante modelo usando un sistema fotocatalítico heterogéneo ( $\text{Fe/TiO}_2/\text{SiO}_2$ ) seguido de un sistema de humedales artificiales (*Phragmites australis*): Parte I. Sistema fotocatalítico / *Study of the degradation of a model dye using a heterogeneous photocatalytic system ( $\text{Fe/TiO}_2/\text{SiO}_2$ ) followed by an artificial wetlands system (*Phragmites australis*): Part I. Photocatalytic system*. Gordillo-Cruz Elizabeth, Orozco-Cerros Sayra Lissette, Rodríguez-Vázquez Refugio, Durán-Domínguez-de-Bazúa María del Carmen. SESIONES TÉCNICAS. IMIQ, DIRECTIVA NACIONAL. Puebla, Puebla, México. Octubre 19-21, 2011 (\*R, I:12 pags.).
49. IV CONGRESO INTERNACIONAL DE LA AMCATH / *IV AMCATH INTERNATIONAL CONGRESS*. Humedales artificiales: La ciencia aplicada a la depuración de aguas residuales con métodos basados en la Naturaleza / *Artificial wetlands: Science applied to wastewater treatment using Nature's methods*. Miguel Ángel Orduña-Bustamante, José Alberto Escalante-Estrada, Mabel Vaca-Mier, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Querétaro, Qro., México. Junio 29-Julio 2, 2011 (\*R).
48. IV CONGRESO INTERNACIONAL DE LA AMCATH / *IV AMCATH INTERNATIONAL CONGRESS*. Tratamiento de aguas residuales: Efecto de la generación de oxígeno fotosintético en un sistema sólido-líquido-gas / *Wastewater treatment: Effect of photosynthetic oxygen generation in a solid-liquid-gas system*. María Guadalupe Soto-Esquivel, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Querétaro, Qro., México. Junio 29-Julio 2, 2011 (\*R).
47. IV CONGRESO INTERNACIONAL DE LA AMCATH / *IV AMCATH INTERNATIONAL CONGRESS*. Fitorremediación de mercurio en jales mineros por medios ácidos / *Phytoremediation of mercury of mining waste by acid water*. Héctor Daniel García-Mercado, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Querétaro, Qro., México. Junio 29-Julio 2, 2011 (\*R).
46. PRIMER CONGRESO DE ALUMNOS DE POSGRADO. Fitorremediación de mercurio de jales mineros en medio ácido. Héctor Daniel García-Mercado y María del Carmen Durán-Domínguez. UNAM, Coordinación de Estudios de Posgrado. México, D.F., México. Mayo 18, 2011 (\*R).
45. SIXTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WASTEWATERS, ATMOSPHERE, AND SOILS 2010. Efecto de la relación nitrógeno:potasio en la eficiencia de remoción de contaminantes en humedales artificiales. Parte II / *Effect of nitrogen-potassium relationship on remotion efficiency of water pollutants in constructed wetlands. Part II*. Miguel Ángel Orduña-Bustamante, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Septiembre 8-11, 2010. México D.F. México.
44. SIXTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WASTEWATERS, ATMOSPHERE, AND SOILS 2010. Interacción de aislados bacterianos rizosféricos con metales de importancia ambiental: futura aplicación en el tratamiento de aguas / *Rhizospheric isolated bacteria interaction with metals of environmental importance: Future application for wastewater treatment*. Irina Salgado-Bernal, Mario Cruz-Arias, María Elena Carballo-Valdés, Armando Martínez-Sardiñas, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Septiembre 8-11, 2010. México D.F. México.
43. FIFTH INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS ON THE TREATMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS AND RESIDUES / V Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos. Detección de aluminio en el interior de los tejidos vegetales / *Aluminum detection inside vegetal tissues*. Amalia Panizza-de-León, Silvia Romero-Rangel, Rogelio Carrillo-González, Marisela Bernal-González, Mabel Vaca-Mier, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. México D.F. México. Noviembre 11-14, 2009 (\*R, I:6 pags.).
42. FIFTH INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS ON THE TREATMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS AND RESIDUES / V Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos. Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales / *Rhizospheric bacteria with physiologic potentialities for wastewater organic matter removal*. Irina Salgado-Bernal, María Elena Carballo-Valdés, Armando Martínez-Sardiñas, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa, Mario Cruz-Arias. México D.F. México. Noviembre 11-14, 2009 (\*R, I:8 pags.).
41. FIFTH INTERNATIONAL SEMINAR OF EXPERTS ON THE TREATMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS AND RESIDUES / V Seminario Internacional de Expertos en Tratamiento de Efluentes Industriales y Residuos. Efecto de los metales pesados en el desarrollo de hidrofítas: riego con aguas de reproceso de una mina de sulfuros masivos / *Effect of heavy metals on the development of hydrophytes: irrigation with recycling effluents from a massive sulfide mine*. Vianey Ruiz-López, José Antonio Barrera-Godínez, Gabriela Moeller-Chávez, Esperanza Ramírez-Camperos, José Luis Martínez, María-del-Refugio González-Sandoval, Salvador-Alejandro Sánchez-Tovar, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. México D.F. México. Noviembre 11-14, 2009 (\*R, I:7 pags.).
40. XLIX CONVENCION NACIONAL DEL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS. Remoción de Cd y Zn de aguas residuales de una empresa minera mediante humedales artificiales. Vianey Ruiz-López, María del Refugio González-Sandoval, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. SESIONES TÉCNICAS. IMIQ, DIRECTIVA NACIONAL. Huatulco, Oax., México. Octubre 26-31, 2009 (\*R, I:12 pags.).
39. 10<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BIOCHEMISTRY OF TRACE ELEMENTS. Removal of Cd and Zn in biological systems that simulate a constructed wetland. V. Ruiz, M. del R. González, M.C. Durán-Domínguez-de-Bazúa. Chihuahua, Chih., México. Julio 13-16, 2009 (\*R).

38. FIFTH INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WASTEWATERS, ATMOSPHERE, AND SOILS 2008. Remoción de metales mediante sistemas biológicos que simulan un humedal artificial / *Metals removal in a lab system simulating an artificial wetland*. Vianey Ruiz-López, María del Refugio González-Sandoval, Carmen Durán-de-Bazúa. México D.F. Noviembre 5-8, 2008 (\*R).
37. EXPOSICIÓN DE CARTELES. LABORATORIO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE ALIMENTOS 2008-2. Efectos del aluminio en disoluciones acuosas sobre organismos modelo (macrofitas). Belmont-Flores Frida Haidé, Panizza-de-León Amalia, Durán-Domínguez-de-Bazúa C. UNAM, Facultad de Química. México D.F. Junio 11, 2008.
36. 8<sup>th</sup> SPECIALISED CONFERENCE ON SMALL WATER AND WASTEWATER SYSTEMS, 2<sup>ND</sup> SPECIALISED CONFERENCE ON DECENTRALISED WATER AND WASTEWATER INTERNATIONAL NETWORK. Artificial wetlands performance: Nitrogen removal. Carmen Durán-de-Bazúa, Alejandro Guido-Zárate, Thalía Huanosta, Rosa Martha Padrón-López, Jesús Rodríguez-Monroy. Coimbatore, India. Febrero 6-9, 2008 (\*R, I:8 págs.).
35. CONFERENCIA ESPECIAL. "Propuestas de uso eficiente del agua en cascos históricos de ciudades densamente pobladas". María del Carmen Durán-de-Bazúa. Oaxaca, Oax. México. Noviembre 07, 2007.
34. CONFERENCIA ESPECIAL. "Contribuciones del PIQAYQA de la UNAM para el beneficio social, patentes y desarrollos tecnológicos". María del Carmen Durán-de-Bazúa. Veracruz, Ver. México. Octubre 18, 2007.
33. CONFERENCIA ESPECIAL. "Tratamiento biológico de aguas residuales usando sistemas de humedales artificiales, un proyecto multidisciplinario". María del Carmen Durán-de-Bazúa. Curso-Taller de apoyo disciplinario y didáctico para estudiantes, "La problemática del agua y del aire en la Ciudad de México", Secretaría Académica y SILADIN, Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, UNAM. México D.F. México. Septiembre 26, 2007.
32. XII CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA. Evaluación ecotoxicológica de 'composta' producida con residuos vegetales de humedales artificiales y lodos primarios a escala de laboratorio. Nadja Aquarimántima Gaitán-Zamora, María del Carmen Durán-de-Bazúa. Junio 25-29, 2007, Morelia, Mich., México (Cartel).
31. XII CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA. Remoción de fósforo en un sistema de humedales artificiales a escala de laboratorio. María Ivonne Reyes-Luz, Alejandro Guido-Zárate, Carmen Durán-de-Bazúa Junio 25-29, 2007, Morelia, Mich., México (Cartel).
30. II CONGRESO INTERNACIONAL DE LA AMCATH. Dinámica y remoción de especies de nitrógeno en humedales artificiales de flujo vertical. Carmen Durán-de-Bazúa, Talía Huanosta-Gutiérrez, Rosa Martha Padrón-López, Jesús Rodríguez-Monroy. Morelia, Mich., México. Marzo 21-23, 2007 (\*R, I:43 págs.).
29. CONFERENCIA ESPECIAL. "Tratamiento biológico de aguas residuales. Ejemplo: Sistemas de humedales artificiales". María del Carmen Durán-de-Bazúa. Curso-Taller de apoyo disciplinario y didáctico para estudiantes, "La problemática del agua y del aire en la Ciudad de México", Secretaría Académica, Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, UNAM. México D.F. Septiembre 20, 2006.
28. CONFERENCIA ESPECIAL. "Tratamiento biológico de aguas residuales: Sistemas de humedales artificiales". María del Carmen Durán-de-Bazúa. Curso-Taller de apoyo disciplinario y didáctico para profesores de química, "La problemática del agua y del aire en la Ciudad de México", Secretaría Académica, Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, UNAM. México D.F. México. Junio 21, 2006.
27. III SIMPOSIO INTERNACIONAL EN INGENIERÍA Y CIENCIAS PARA LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL. Pollutants removal in a lab-scale constructed wetlands model system / Remoción de contaminantes en un sistema modelo de humedales artificiales a escala de laboratorio. Alejandro Guido-Zárate, Carmen Durán-de-Bazúa. México D.F. México. Junio 6-9, 2006 (\*R, I:14 págs.).
26. 7<sup>th</sup> SPECIALISED CONFERENCE ON SMALL WATER AND WASTEWATER SYSTEMS. Behavior of redox potentials in artificial wetlands models: a tool for controlling its efficiency. Alejandro Guido-Zárate, Petia Mijaylova-Nacheva, Germán Buitrón, Carmen Durán-de-Bazúa. IWA. México D.F. México. Marzo 8-10, 2006 (\*R, I:8 págs.).
25. XLV CONVENCION NACIONAL DEL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS. Remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. Jesús Rodríguez-Monroy, María del Carmen Durán-de-Bazúa. Sesiones Técnicas. IMIQ, Directiva Nacional. Mérida, Yuc., México. Octubre 26-28, 2005 (\*R, I:12 págs.).
24. CONFERENCIA ESPECIAL. "Innovaciones en ingeniería química aplicadas a la protección ambiental y al desarrollo de tecnologías más limpias". María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa. Jornadas Académicas de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Sección estudiantil del IMIQ. Oaxaca, Oax. México. Octubre 24, 2005.
23. XI CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA. Eliminación de organismos patógenos en humedales artificiales que tratan aguas residuales a escala prototipo. Sandra Guzmán-Aguirre, Raúl Horacio Camarillo-López, Adriana G. Mejía-Chávez, Rolando Salvador García-Gómez, Carmen Durán-de-Bazúa. Mérida, Yuc., México. Septiembre 18-23, 2005 (\*R) (Cartel).
22. FIFTH INTERNATIONAL CONGRESS ON SYSTEMS BIOLOGY. Salmonella and Shigella spp. removal efficiency in horizontal and vertical flow artificial prototype systems for wastewater treatment. C. Durán-de-Bazúa, R.S. García-Gómez, L. García-Vázquez, S. Guzmán-Aguirre, A. Mejía-Chávez, L.I. Ramírez-Burgos, A. Rodríguez-Cruz, J. Rodríguez-Monroy, E. Varela-Montellano. Heidelberg, RFA. Octubre 9-13, 2004 (\*R, I:4 págs.) (Cartel).
21. 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS (CONSTRUCTED WETLANDS). Study of the effect of the redox potentials in lab scale packed columns with Typha latifolia presence. M.G. Soto-Esquivel, S. Guzmán-Aguirre, A. Mejía-Chávez, C. Durán-de-Bazúa. Avignon, Francia. Septiembre 27-Octubre 1, 2004 (\*R, I:4 págs.) (Cartel).
20. 34<sup>o</sup> CONGRESO NACIONAL DE MICROBIOLOGÍA. Microbial communities proliferating in lab scale packed columns simulating artificial wetlands for wastewater treatment. Soto-Esquivel, M.G., Guzmán-Aguirre, S., Mejía-Chávez, A.G., Durán-de-Bazúa, C. Cancún, Q.R. Agosto 27-29, 2004 (\*R) (Cartel).
19. THIRD INTERNATIONAL MINISYMPOSIUM ON REMOVAL OF CONTAMINANTS FROM WASTEWATERS, ATMOSPHERE, AND SOILS. Evaluación de sistemas de humedales artificiales como depuradores de aguas residuales mediante la eliminación de microorganismos patógenos. Sandra Guzmán, C. Durán-de-Bazúa. UNAM, Facultad de Química, PIQAYQA. Disco compacto. C. Durán-de-Bazúa, L.I. Ramírez Burgos (Ed.). México D.F. México. Julio 7-10, 2004 (\*R, I:9 págs.).

18. 1<sup>st</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYGIENISATION ON CONSTRUCTED WETLANDS, PONDS, AND RELATED SYSTEMS. Oxygen transfer by convection in systems that simulate constructed wetlands using packed columns/Transferencia de oxígeno por convección en sistemas que simulan humedales artificiales usando columnas empacadas. Francisco Fenoglio-Limón, Oliver Bederski, Carmen Durán-de-Bazúa. Center for Environmental Studies Leipzig-Halle GmbH. Leipzig, RFA. Noviembre 7-9, 2003 (\*R, I:14 pags.).
17. 1<sup>st</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYGIENISATION ON CONSTRUCTED WETLANDS, PONDS, AND RELATED SYSTEMS. Effect of photosynthetic oxygen generation in a solid-liquid-gas system at laboratory level/Efecto de la generación de oxígeno fotosintético en un sistema sólido-líquido-gas a escala de laboratorio. M.G. Soto-Esquivel, C. Durán-de-Bazúa. Center for Environmental Studies Leipzig-Halle GmbH. Leipzig, RFA. Noviembre 7-9, 2003 (\*R, I:11 pags.).
16. 1<sup>st</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYGIENISATION ON CONSTRUCTED WETLANDS, PONDS, AND RELATED SYSTEMS. Evaluation of Salmonella, Shigella, Helminth Eggs, Enterococci, and Total and Fecal Coliforms Reduction in Treated Wastewaters from Horizontal and Vertical Flow Artificial Wetland Prototype Systems. Carmen Durán-de-Bazúa (responsible), M. Bernal-González, P.L. Esponda-Aguilar, F.E. Fenoglio-Limón, R.S. García-Gómez, S. Guzmán-Aguirre, P. Guzmán-López<sup>1</sup>, C.H. Juárez-Méndez, A.G. Mejía-Chávez, R.M. Padrón-López<sup>1</sup>, L.I. Ramírez-Burgos, A. Rodríguez-Cruz, J. Rodríguez-Monroy, N.V. Salinas-Castillo, M.G. Soto-Esquivel, E. Varela-Montellano. Center for Environmental Studies Leipzig-Halle GmbH. Leipzig, RFA. Noviembre 7-9, 2003 (\*R, I:14 pags.).
15. IV SEMINARIO INTERNACIONAL DE EXPERTOS EN TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y RESIDUOS INDUSTRIALES. Sistemas de humedales artificiales de flujo horizontal y vertical para el tratamiento de aguas: Reducción de organismos patógenos y de materia orgánica / Horizontal and vertical flow artificial wetland systems for wastewater treatment: Pathogens reduction and organic matter removal. Carmen Durán-de-Bazúa, Pedro L. Esponda-Aguilar, Francisco E. Fenoglio-Limón, Lilia García-Vázquez, Sandra Guzmán-Aguirre, Carlos H. Juárez-Méndez, Adriana Mejía-Chávez, Landy I. Ramírez-Burgos, Arturo Rodríguez-Cruz, Jesús Rodríguez-Monroy, Nora V. Salinas-Castillo, Eneidino Varela-Montellano. PIQAYQA-FQ-UNAM, AI, BOKU, IMIQ, IMTA, UdeGto., SRE. México, D.F., México. Abril 9-12, 2003 (\*R).
14. IV SEMINARIO INTERNACIONAL DE EXPERTOS EN TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y RESIDUOS INDUSTRIALES. Transferencia de oxígeno por convección en sistemas que simulan humedales artificiales usando columnas empacadas / Oxygen transfer by convection in systems that simulate constructed wetlands using packed columns. Francisco Fenoglio-Limón, Oliver Bederski, Carmen Durán-de-Bazúa. PIQAYQA-FQ-UNAM, AI, BOKU, IMIQ, IMTA, UdeGto., SRE. México, D.F., México. Abril 9-12, 2003 (\*R).
13. EXPOSICIÓN DE CARTELES. LABORATORIO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE ALIMENTOS 2003-1. Evaluación de la eliminación de organismos patógenos en aguas residuales usando sistemas de humedales artificiales. GUZMÁN-AGUIRRE Sandra, MEJÍA-CHÁVEZ Adriana, DURÁN-DE-BAZÚA Carmen. UNAM, Facultad de Química, UNAM. México D.F. Enero 20-21, 2003 (Cartel).
12. 8<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLANDS 2002. Reduction-Oxidation potentials evaluation as an indirect measurement for dissolved oxygen in artificial wetlands lab models. Francisco E. Fenoglio-Limón, Joan Genescá, Carmen Durán-de-Bazúa. International Water Association y Universidad de Dar es Salaam. Ashora, Tanzania. Sept. 11-19, 2002 (\*R, I:14 pags.).
11. ISEB 6 SIXTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY and FOURTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CLEANER BIOPROCESSES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Pathogen organisms reduction in treated wastewaters in artificial horizontal and vertical flow wetland systems. Nora V. Salinas-Castillo, Landy I. Ramírez-Burgos, Aurora Ortegón, Pedro L. Esponda-Aguilar, Francisco Fenoglio-Limón, Jesús Rodríguez-Monroy, Eneidino Varela-Montellano, Arturo Rodríguez-Cruz, Carlos Humberto Juárez-Méndez, Carmen Durán-de-Bazúa\*. Dept. Environmental Biotechnology, Institute of Ecology. Veracruz, Ver., México. Junio 9-12, 2002 (\*R, \*I:12 pags.).
10. FIRST BILATERAL MEETING MEXICO-GERMANY ON ARTIFICIAL WETLANDS 2002. The artificial wetlands systems of Viveros and Cultural Zone from UNAM. C. Durán-de-Bazúa, Coordinator. UNAM-FQ-PECEC-México, UfZ-GFR. México D.F. Febrero 6-9, 2002.
9. TERCER SEMINARIO DE COOPERACIÓN ACADÉMICA MÉXICO-SUECIA. Biomaterials and biological systems, novel procedures for the removal and recovery of metals from aqueous solutions and industrial effluents, Zayre González, Irene Cano; and Pesticides trace determinations in samples of ground and superficial water, of zones located near highly technified agricultural areas in Mexico, Marisela Bernal, Carmen Durán. Presented by C. Durán-de-Bazúa. STINT, Suecia y Conacyt, México. Querétaro, Qro., México. Septiembre 30-Octubre 3, 2001.
8. 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLANDS. Artificial wetlands: Viable options for rural, suburban, and urban areas in Mexico City. C. Durán-de-Bazúa, R. Haberl\*, I. Kreiner\*, Ranjani-Krishnan, and V. M. Luna-Pabello (Profesores) y F. E. Fenoglio-Limón; J.B. Jiménez, Ch. Kneidinger\*, S. Millán-Hernández; M. Miranda-Ríos, H. F. Ramírez-Carrillo; N. V. Salinas-Castillo; H. Sánchez-García; P. Schaller\*; M. G. Soto-Esquivel (Estudiantes). International Water Association. Lake Buena Vista, Florida, EE.UU. Noviembre 11-19, 2000 (\*R, I:14 pags.).
7. SEGUNDO SEMINARIO DE COOPERACIÓN ACADÉMICA MÉXICO-SUECIA. Humedales artificiales – Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Mesa de Cooperación Internacional. Carmen Durán-de-Bazúa, coordinadora. STINT-Conacyt y Chalmers University. Goteburgo, Suecia. Septiembre 21-24, 2000.
6. RED SECTORIAL: AGUA, SANEAMIENTO, RESIDUOS – AMÉRICA LATINA. Humedales artificiales – Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Caso: Estudio de un humedal de flujo horizontal en los Viveros de Coyacán. Carmen Durán-de-Bazúa, coordinadora. Sociedad para Cooperación Técnica (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), RFA. México D.F. y Morelos, México. Marzo 21-24, 2000 (\*R, \*I: 13 pags.).
5. SEGUNDO SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍAS APROPIADAS PARA EL AGUA EN PEQUEÑOS NÚCLEOS HABITADOS. Los humedales artificiales, una ecotecnología viable para el tratamiento de aguas residuales en pequeños núcleos urbanos en México. V.M. Luna-Pabello\*, M.C. Durán-de-Bazúa, R. Haberl, J. Jiménez, S. Millán, M. Miranda, H.F. Ramírez y P. Schaller. Grupo Tecnología del Agua, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. Octubre 13-15, 1998 (\*R, \*I:10 pags.).

4. CONFERENCIA INTERNACIONAL. XXX ANIVERSARIO DE LA FUNDACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY. La contribución de los humedales artificiales para el desarrollo de un mundo más racional y sano. Durán-de-Bazúa, María del Carmen; Fenoglio-Limón, Francisco Enrico; Luna-Pabello, Víctor Manuel; Ramírez-Carrillo, Héctor Faustino; Rojo-Sánchez, Rodrigo, Sánchez-García, Hugo. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba. Septiembre 16-20, 1997 (\*R, \*I: 13 pags.).
3. III SEMINARIO INTERNACIONAL DE EXPERTOS EN TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y RESIDUOS INDUSTRIALES. Removal of microorganisms from wastewater by constructed wetlands/ Remoción de microorganismos de aguas residuales usando humedales artificiales. Ríos, R.; Jansson, M.; Zibuschka, F.; Haberl, R.; Luna V. M., Durán-de-Bazúa, C. DDF, CNA, CFE, IMIQ, INE, SRE, SEMARNAP, Ministerio Federal de Asuntos Exteriores de Austria, Ministerio Federal de Ciencia Investigación y Transporte de Austria, Universidad BOKU de Viena y PIQAYQA-FQ-UNAM. México, D.F., México. Abril 3-9, 1997 (\*R).
2. FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL. Treatment of maize processing industry wastewater by constructed wetlands. Ranjani Krishnan, Christian Kneidinger, Guadalupe Soto, Roberto Ríos, Nora Salinas, Carmen Durán-de-Bazúa. Viena, Austria. Septiembre 14-20, 1996 (\*R, \*I:8 pags).
1. SECOND NATIONAL WORKSHOP ON CONTRUCTED WETLANDS FOR ANIMAL WASTE MANAGEMENT. Treatment of maize processing agro-industrial wastewater by constructed wetlands. M.G. Soto-Esquivel, Ranjani Krishnan, C. Durán-de-Bazúa. Texas State Soil and Water Conservation Board, US EPA, Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University. Fort Worth, Texas, EE.UU. Mayo 15-18, 1996 (\*R, \*I:14 pags).

### Programa televisivo

1. AGUA: HUMEDALES ARTIFICIALES. TV IPN. CANAL 11. Sábado 25 de mayo de 2002 (17:30 horas). México D.F. México.

### Programa radiofónico

1. PROGRAMA "INGENIERÍA EN MARCHA" (AUTOCONSTRUCCIÓN). "LOS HUMEDALES ARTIFICIALES Y EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS". RADIO UNAM. Martes 16 de enero de 2001 (12:00 a 13:00 horas, 96.1 FM; 860 AM).

## 4. COOPERACIÓN CON OTRAS INSTITUCIONES

### 4.1. Cooperación RFA-México

#### Proyecto CONACYT 2+2 (Cooperación internacional)

##### Contrapartes en la RFA:

1. DR. PETER KUSCHK. Estancia académica en el marco del Proyecto 2+2 entre la RFA y México para el estudio de los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales para eliminar patógenos. Febrero 2002. Centro de Investigaciones Ambientales de Leipzig. RFA.
2. DR. ROLAND MÜLLER. Estancia académica en el marco del Proyecto 2+2 entre la RFA y México para el estudio de los humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales para eliminar patógenos. Febrero 2002. Centro de Investigaciones Ambientales de Leipzig. RFA.

Centro de Investigaciones Ambientales, Leipzig-Halle

##### Contrapartes en México:

1. Lic. Rafael González Franco, Director General, Fundación Parque Xochitla, A.C.
2. Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa, UNAM, Facultad de Química, Programa de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental.

#### PROYECTO DE COOPERACIÓN UNAM-Centro de Investigaciones Ambientales Leipzig-Halle

(RFA) para realizar el proyecto "Eliminación de organismos patógenos en sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y mixtas en humedales artificiales". Mayo 2001-Diciembre 2003. \$4,000,000 (que incluye pagos en especie a través de la realización de estudios microbiológicos en los laboratorios del Centro de Investigaciones Ambientales de Leipzig-Halle, de la Universidad Martín Lutero de Halle y de otras universidades cooperantes de la RFA) con el apoyo para la parte de México del CONACYT a través del Proyecto 2+2 (pasajes aéreos y gastos de estancia, tanto en México como en la RFA) y con el apoyo para la parte de la investigación en Alemania mediante el proyecto **ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE ELIMINACIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS EN SISTEMAS DE HUMEDALES ARTIFICIALES** con el CENTRO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES de Leipzig-Halle de la RFA, la UNIVERSIDAD MARTÍN LUTERO de Halle-Wittenberg de la RFA, la DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS de la UJAT y la FACULTAD DE INGENIERÍA de la UAdY y las empresas alemanas UMWELTSCHUTZ NORD y ÖKOTEK. Responsables globales (en orden alfabético): CARMEN DURÁN (FQ-UNAM), ROLAND MÜLLER (UfZ), N. SCHULZ-BEHREND (U Nord), A. NACHTSCHATT, B. NIKLAS (Ökotek), ROSA MARTHA PADRÓN (UJAT) y NELSON CABALLERO (UAdY).

#### Financiamiento mediante Proyectos antecedentes

Proyecto **UNAM-CONACYT** "Depuración de aguas residuales domésticas usando humedales artificiales". DIRECCIÓN ADJUNTA DE DESARROLLO REGIONAL, SISTEMA DE INVESTIGACIÓN GOLFO DE MÉXICO, SIGOLFO. **Proyecto Clave 00-06-016-V.** 2000-2002. Responsable en México D.F.: Dra. Carmen Durán-de-Bazúa. Responsable en Tabasco: Biol. Rosa Martha Padrón-López

Proyecto **UNAM-CONACYT** "Tratamiento de aguas residuales usando un sistema de raíces en humedales". DIRECCION ADJUNTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. **Proyecto Clave 3302P-B.** 1997-1999. Dra. Ranjani Krishnan Padma, Responsable y Dra. Carmen Durán-de-Bazúa, Corresponsable

## Culminación del Proyecto 2+2:

Organización de la **PRIMERA REUNIÓN BILATERAL MÉXICO-ALEMANIA SOBRE HUMEDALES ARTIFICIALES**, en cooperación con el Centro de Investigaciones Ambientales de Leipzig-Halle de la RFA, el Parque Xochitla y el PIQAYQA-FQ-UNAM. México D.F., México. Noviembre 14-26, 2000. México D.F., México. Febrero 7-10, 2002.

## Visitas técnicas a Leipzig después de la cooperación académica (Ver difusión):

1<sup>st</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYGIENISATION ON CONSTRUCTED WETLANDS, PONDS, AND RELATED SYSTEMS. Evaluation of Salmonella, Shigella, Helminth Eggs, Enterococci, and Total and Fecal Coliforms Reduction in Treated Wastewaters from Horizontal and Vertical Flow Artificial Wetland Prototype Systems. Carmen Durán-de-Bazúa (responsible), M. Bernal-González, P.L. Esponda-Aguilar, F.E. Fenoglio-Limón, R.S. García-Gómez, S. Guzmán-Aguirre, P. Guzmán-López<sup>1</sup>, C.H. Juárez-Méndez, A.G. Mejía-Chávez, R.M. Padrón-López<sup>1</sup>, L.I. Ramírez-Burgos, A. Rodríguez-Cruz, J. Rodríguez-Monroy, N.V. Salinas-Castillo, M.G. Soto-Esquivel, E. Varela-Montellano. Center for Environmental Studies Leipzig-Halle GmbH. Leipzig, RFA. Noviembre 7-9, 2003 (\*R, I:14 pags.) Presentación oral

1<sup>st</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYGIENISATION ON CONSTRUCTED WETLANDS, PONDS, AND RELATED SYSTEMS. Oxygen transfer by convection in systems that simulate constructed wetlands using packed columns/Transferencia de oxígeno por convección en sistemas que simulan humedales artificiales usando columnas empacadas. Francisco Fenoglio-Limón, Oliver Bederski, Carmen Durán-de-Bazúa. Center for Environmental Studies Leipzig-Halle GmbH. Leipzig, RFA. Noviembre 7-9, 2003 (\*R, I:14 pags.) Presentación en cartel

1<sup>st</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER HYGIENISATION ON CONSTRUCTED WETLANDS, PONDS, AND RELATED SYSTEMS. Effect of photosynthetic oxygen generation in a solid-liquid-gas system at laboratory level/Efecto de la generación de oxígeno fotosintético en un sistema sólido-líquido-gas a escala de laboratorio. M.G. Soto-Esquivel, C. Durán-de-Bazúa. Center for Environmental Studies Leipzig-Halle GmbH. Leipzig, RFA. Noviembre 7-9, 2003 (\*R, I:11 pags.) Presentación en cartel

## 4.2. Cooperación IMTA-UNAM/PIQAYQA

Asesoría al personal del IMTA para la construcción, arranque y operación de humedales artificiales que se están construyendo en el Estado de Michoacán en las riberas del Lago de Pátzcuaro (Enero-Diciembre 2004)

## 4.3. Cooperación Universidad BOKU, Viena, Austria-UNAM, PIQAYQA, México

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE "REACTORES DE PELÍCULA ACTIVA" USANDO PLANTAS ACUÁTICAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONSTRUÍDOS EN FORMA DE ESTANQUES (Humedales artificiales). FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM y UNIVERSIDAD BOKU de VIENA, AUSTRIA. Responsables globales (en orden alfabético): CARMEN DURÁN (FQ-UNAM), RAIMUND HABERL (BOKU-VIENA), RANJANI KRISHNAN (FQ-UNAM) (1995-2010)

Participación de estudiantes mexicanos en Austria y austríacos en México (ver tesis)

## 4.4. Cooperación con comisariados ejidales

Apoyo al Ejido Los Brinzales, Delegación Tlalpan, México D.F., para instalar un sistema de humedales artificiales para los servicios sanitarios de su parque ecológico (2000-2003)

Apoyo al Ejido San Nicolás Totolapan, Delegación Magdalena Contreras, para usar la ecotecnología de humedales artificiales (2000-2003)

## 4.5. Cooperación México (UNAM y Universidad de Guanajuato)-Suecia (Universidad Chalmers y Universidad Ömea)

---

Realización de tres proyectos: Uso de humedales artificiales, montaje de metodologías para la determinación de plaguicidas en cuerpos de agua superficiales y uso de materiales naturales para la absorción de metales y metaloides tóxicos de agua de suministro (2000-2002)

**Responsable en la Universidad de Guanajuato** (Uso de materiales naturales para la absorción de metales y metaloides tóxicos de agua de suministro):  
Dra. Irene Cano-Rodríguez

**Estudiante de intercambio:**

Zayre Ivonne González Acevedo, Universidad de Guanajuato (Uso de materiales naturales para la absorción de metales y metaloides tóxicos de agua de suministro)

**Responsable en la UNAM:**

Dra. Carmen Durán-de-Bazúa (Uso de humedales artificiales, montaje de metodologías para la determinación de plaguicidas en cuerpos de agua superficiales)

**Estudiante de intercambio:**

Marisela Bernal González, UNAM (Montaje de metodologías para la determinación de plaguicidas en cuerpos de agua superficiales)

**Responsables en la Universidad Chalmers, Gotenburgo, Suecia:**

Dr. Gustavo Perrusquía (Coordinación Suecia) y Dr. Gregg Morrison (Uso de humedales artificiales)

**Responsable en la Universidad Ömea, Suecia:**

Dr. Anders Bergqvist (Montaje de metodologías para la determinación de plaguicidas en cuerpos de agua superficiales)

#### **4.6. Cooperación con el Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM**

AGUSTÍN ARREGUÍN-ROJAS y NARCISO JOSÉ RUIZ-CÁRDENAS (CCH-SurUNAM), JOSÉ PRIMELLES (TICSA) y SALVADOR A. SÁNCHEZ-TOVAR (INVENTEC) (1999-2003 con Alemania, con la UJAT hasta 2009 y con el CCH Sur y TICSA-INVENTEC desde 2009 a la fecha). De 2011 a la fecha, una estudiante doctoral abordó la temática del uso de humedales artificiales como celdas de combustible microbianas ayudadas por especies vegetales para la producción de electricidad además de la depuración de aguas residuales dirigida especialmente para las comunidades rurales alejadas que no tienen fuentes de electricidad ni saneamiento. Esta temática ha abordado temas originales e innovadores que están en proceso de protección industrial con el IMPI a través de la Coordinación de Innovación y Desarrollo de la UNAM. Responsables globales (en orden alfabético): CARMEN DURÁN (FQ-UNAM), PEDRO ROQUERO (FQ-UNAM), MARÍA GUADALUPE SALINAS JUÁREZ (FQ-UNAM) (2011 a la fecha) [Ver patentes]

#### **4.7. Cooperación México (Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros de Puebla y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Instituto de Ciencias; UNAM: FQ, CCH Sur y desde 2016 FESZ), Cuba (Universidad de La Habana: Facultad de Biología) y Alemania (Centro Helmholtz de Investigaciones Ambientales y Universidad Leibniz de Hannover)**

Realización de proyectos sobre el uso de humedales artificiales, montaje de metodologías para la determinación de contaminantes en cuerpos de agua superficiales y uso de materiales naturales para la construcción de membranas en la producción de electricidad en los humedales artificiales (2014-2030)

**Responsable en la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros:**

Dr. Amado Enrique Navarro-Frómata (Uso de humedales de flujo horizontal, vertical e híbridos, de materiales naturales y sintéticos, de aplicaciones para la eliminación de fármacos y otros contaminantes emergentes, entre otros temas. Cooperación con el gobierno local de Izúcar de Matamoros y otras comunidades para mejorar la calidad del agua y, en general, de vida de la región)

**Responsable en el Centro Helmholtz sobre Estudios Ambientales, Alemania:**

Dr. Roland Arno Müller (Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), desarrollo y transferencia de tecnología en el área de ambiente y biotecnología y tratamiento de aguas residuales, tratamiento y gestión descentralizada de aguas residuales, investigación para la implementación y optimización del sector del agua en países en desarrollo y economías emergentes especialmente en regiones con escasez de agua, desarrollo e implementación de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, remediación de suelos y sedimentos contaminados)

**Responsables en la UNAM, México:**

Dra. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa (Uso de humedales artificiales tanto para la depuración del agua como de la producción de electricidad, montaje de metodologías para la determinación de contaminantes en cuerpos de agua superficiales)  
 Dra. María Guadalupe Salinas-Juárez (Uso de humedales artificiales tanto para la depuración del agua como de la producción de electricidad, montaje de metodologías para la determinación de contaminantes en cuerpos de agua superficiales)

#### **Estudiante de intercambio:**

Alejandro Bustamante-García, UNAM a la UTIM (Estudio prospectivo de contaminantes en cuerpos superficiales de agua de la zona del Alto Atoyac y del río Nexapa)

#### **Responsables en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias:**

Cand. Dr. Beatriz Espinosa-Aquino (Coordinación en la BUAP de la Red Internacional de Ciencias Ambientales) y Dr. Enrique González-Vergara (Laboratorio de Bioinorgánica Aplicada, uso de metalofármacos para enfermedades crónico-degenerativas)

#### **Responsable en la Universidad Leibniz de Hannover, Alemania:**

Dra. Jutta Pappenbrock (Estudio del metabolismo del azufre, especialmente a nivel molecular, aplicación de diferentes halófitas y glucófitas como biofiltros, fuentes de nutrientes, fuentes de valiosos compuestos derivados de plantas y para la biodegradación de xenobióticos, utilizando la diversidad natural de diferentes especies de plantas)

Dr. Ariel Turcios (Uso de halófitas para la biodegradación de xenobióticos)

#### **Redes académicas**

Creación de dos nuevas redes académicas:

(i) Red DGCI-UNAM. Red sobre el Uso de Humedales Artificiales para Reducir la Vulnerabilidad de las Comunidades con Escasez de Agua. Fundada en 2015 UNAM (CCHSur y FQ)-UTIM-BUAP (IC)-UH (FB-DMYV)-UfZ (Leipzig), RedHACEA / *Network DGCI-UNAM Network on the use of artificial wetlands to reduce the vulnerability of communities with water scarcity, Network AWCWS. Founded in 2015.* Coordinación de la Red: LIQAYQA, FQ, UNAM/ *Network Coordination: LECEC, FC, NAUM.*

(ii) Red Temática Conacyt Gestión de la Calidad y Disponibilidad del Agua. Fundada en 2018. Coordinación de la Red: Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Puebla. UTIM. No. de registro del proyecto: 294668. <http://aguanet.com.mx>. Con un grupo especializado en humedales artificiales/ *Thematic Network Conacyt Management of Quality and Availability of Water. Registration Number: 294668. http://aguanet.com.mx. With a specific group working on artificial wetlands* Organización de eventos desde la creación de las redes para difundir el conocimiento a todos los niveles de la sociedad/ *Organization of events since these networks creation to disseminate the knowledge to all levels of society*

#### **Referencias consultadas**

- Acosta, Y., Ramírez, E., Gutiérrez, E. 2000. Efectos de la aplicación del lodo residual municipal sobre suelos y plantas. Universidad de Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation). 17ª Ed. Ediciones Díaz Santos S.A. Madrid, España.
- Ayuso, M., Hernández, T., Costa, F., García, C., Pascual, J. 1992. Influencia del grado de madurez de un residuo urbano sobre la germinación y disponibilidad de nitrógeno. *Suelo y Planta*. 2:517-527.
- Bernal, M., Paredes, C., Sánchez-Monedero, M.A., Cegarra, J. 1998. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*. 63:91-99.
- Berton, R., Camargo, O., Valadares, J. 1989. Absorcao de nutrientes pelo milho em desposta a adicto a ldo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 13:187-192.
- Breitenbeck, G., Schellinger, D. 2004. Calculating the reduction in material mass and volume during composting. *Rev. Compost Science & Utilization*. 12(4):365-371.
- Cogger, C., Sullivan, D. 2001. Backyard composting. College of agriculture and home economics. Washington State University. EEUU.
- Defrieri, R.; Jiménez, M, Effron, D., Palma, M. 2005. Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Revista Científica Agriscientia*, XXII (1):25-31.
- Department of Environment. 2005. Saidapet, Chennai. Tomada de las redes internacionales: <http://www.environment.tn.nic.in>
- DOF. 1984. Norma Mexicana, NMX-AA-016-1984. Determinación de humedad en suelos. Protección al ambiente. Contaminación del suelo y residuos sólidos municipales.
- EPA. 1998. An analysis of composting as an environmental remediation technology. Environmental Protection Agency. EPA530-R-98-008. Washington D.C. EE.UU.
- EPA, 1979. Process design manual for sludge treatment and disposal. Environmental Protection Agency. EPA 625/1-79-011. Cincinnati, EE.UU.
- Esponda-Aguilar, P.L. 2001. Arranque de un sistema experimental de flujo vertical a escala piloto de tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales. Tesis profesional (Ingeniería Química). Facultad de Química, UNAM. Ciudad de México. México.
- Franco, C., Poitrenaud, M., Houot, S. 2005. Stabilization of organic matter during composting: Influence of process and feedstocks. *Compost Sci. Utilization*. 13(1):72-83.
- Gajdos, R. 1997. Effects of two compost and seven commercial cultivation media on germination and yield. *Compost Sci. Util.* 5:16-36.

- García, A., Beltrán, G., Uceda, M., Hermoso, M., González, P., Ordóñez, R., Giraldez, J. 1999. Vegetation water (alpechín) application effects on soils and plants. *Acta Horticulturae*. 2:749-752.
- Genevini, P.L., Adani, F., Villa, C. 1996. Dairy cattle slurry and rice hull co-composting. En: *The science of composting*. Part 1. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, T. Papi, Eds. Ed. Blackie. Pp. 567-576. Glasgow, Gran Bretaña.
- Georgacakis, D., Tsavdaris, A., Bakouli, J., Symeonidis, S. 1996 Composting solid swine manure and lignite mixtures with selected plant residues. *Biores. Technol.* 56:195-200.
- Golueke, C.G. 1977. Biological processing: composting and hidrolisis. En: *Handbook of solid waste management*. D.G. Wilson, Ed. van Nostrand Reinhold. Pp. 197-225. Nueva York, EEUU.
- Guzmán-Aguirre, S. 2004. Evaluación del sistema de humedales artificiales en la eliminación de microorganismos patógenos en aguas residuales. Tesis profesional (Química de Alimentos). Facultad de Química, UNAM. Ciudad de México. México.
- Hadi Bux Leghari. 2000. Organic farming, composting: The basics. Tomado de las redes internacionales: <https://www.pakissan.com/english/advisory/organic.farming/index.shtml>
- Horak, P. 1992. Helminth eggs in the sludge from three sewage treatment plants in Czechoslovakia. *Folia Parasitol.* 39(2):153-157.
- Horsley, P. 2004. Organic farming in Australia. Tomado de las redes internacionales: <http://www.rirdc.gov.au>
- Iglesias-Jiménez, E., Pérez-García, V. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: A review. *Biological Wastes*. 27:115-142.
- Íñiguez, G., Vaca, P. 2001. Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte IV. Biodegradación del intestino grueso de cerdos con bagazo de agave húmedo. *Rev. Int. Contam. Ambiental*, 17(2):109-116.
- Klingel, F. 2001. Nam Dinh Urban Development Project. Septage Management Study. Nam Dinh, Vietnam, November 1st, 2001.EAWAG/SANDEC and Colenco (Vietnam).
- Koottatep, T., Surinkul, N. 2000. AIT – EAWAG/SANDEC field research on septage treatment in planted sludge drying beds. Field reports, unpublished.
- Larousse. 2002. Diccionario ilustrado de Ecología y medioambiente. SPES Editorial, S.L. P. 92. Barcelona, España.
- Lau, A.K., Lo, K.V., Liao, P.H., Yu, J.C. 1992. Aeration experiments for swine waste composting. *Biores. Technol.* 41:145-152.
- Liang, C., Das, K., Mcclendon R. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.* 86(2):131-137.
- Liao, P.H., Vizcarra, A.T., Chen, A., Lo, K.V. 1993. Composting separated solids swine manure. *J. Environ. Sci. Health*. A28:761-777.
- Manahan, S.E. 2007. Introducción a la química ambiental. Coedición UNAM-Editorial Reverté. México D.F. y Barcelona, México y España. En prensa.
- McCallum, K., Keeling, A., Beckwith, C., Kettlewell, P. 1998. Effects of green waste compost on spring wheat emergence and early growth. *Acta Horticulturae*. 469:313-318.
- Montgomery, D.C. 1997. Diseño y análisis de experimentos. 4a Ed. John Wiley and Sons. Nueva York.
- Murillo, J., Cabrera, F., López. 1993. Influencia de vinaza de remolacha concentrada y "despotasificada", sobre emergencia, producción de biomasa y contenido de nutrientes de "rye grass". *Invest. Prod. Prot. Veg.* 8:37-47.
- Norma Mexicana. NMX-AA-25-1984. Determinación del pH-método potenciométrico. Protección al ambiente. Contaminación del suelo y residuos sólidos. Diario Oficial de la Federación. Estados Unidos Mexicanos.
- Pascual, J.A., Ayuso, M., García, C., Hernández, T. 1997. Characterization of urban waste according to fertility and phytotoxicity parameters. *Waste Manag. Res.*15:103-112.
- Pawlowski, Z.S., Schultzberg, K. 1986. Ascariasis and sewage in Europe. En: *Epidemiological studies of risks associated with agricultural use of sewage sludge: knowledge and needs*. Block, J.C., ed. Pp. 83-93. Elsevier. Londres, Inglaterra.
- Rodríguez-Monroy, J. 2004. Estudio de la remoción de nitrógeno en un sistema de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales de flujo vertical a escala de banco. Tesis profesional (Ingeniería Química). Facultad de Química, UNAM. México D.F. México.
- Sánchez, A., Mayoral, J. 2003. Análisis de los resultados del compostaje casero. En XVIII Encuentros Estatales de Amantes de la Basura. Ed. Escola Universitària Politècnica del Medi Ambient, UAB. Mollet del Vallès. Nov. 22. Barcelona, España. Tomado de las redes internacionales: <https://docer.com.ar/doc/xn0cv8c>
- Schwartzbrod, J. 2000. Consultancy report submitted to EAWAG/SANDEC, unpublished.
- Sims, J.T. 1994. Animal waste management. En: *Encyclopedia of agricultural science* C.J. Arntzen y E. M. Ritter, Eds. Academic Press. Vol. 1, pp. 185-201. Nueva York, EE.UU.
- Sims, J., Vasilas, B., Gborati, M. 1993. Effect of coal fly ash and co-composted sewage sludge on emergent and early growth of cover crops. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24:503-512.
- Stott, R., Ayres, R., Lee, D., Mara, D. 1994. An experimental evaluation of potential risks to human health from parasitic nematodes in wastewaters treated in waste stabilization ponds and used for crop irrigation. University of Leeds, Dept. of Civil Engineering, Research Monograph No. 6.
- Strauss, M., Drescher, S., Zurbrugg, C., Montangero, A., Cofie, O., Drechsel, P. 2003. Co-composting of Faecal Sludge and Municipal Organic Waste. SANDEC/EAWAG-IWMI (Swiss Federal Institute of Environmental Science and Technology/Dept. of Water and Sanitation in Developing Countries-International Water Management Institute). Ch-Duebendorf, Switzerland y Cantoments Accra, Ghana.
- Sztern, D., Pravia, M.A. 1999. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Unidad de Desarrollo Municipal. Pub. OPS, OMS. Febrero. Montevideo, Uruguay.