

EL SUELO, DONDE TODO COMIENZA

Coordinadores

Fernando Ramos Gourcy
Luis Reyes Muro
José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

EL SUELO, DONDE TODO COMIENZA

Coordinadores

Fernando Ramos Gourcy
Luis Reyes Muro
José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo



Instituciones colaboradoras en el 44° Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo



International Union of Soil Sciences



Colegio de Postgraduados, Campus S.L.P.



Instituto Tecnológico El Llano
Aguascalientes



Universidad Nacional Autónoma de México



Universidad Autónoma Chapingo



EL SUELO, DONDE TODO COMIENZA

Primera edición 2019

D.R. © Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad 940
Ciudad Universitaria
Aguascalientes, Ags., 20131
www.uaa.mx/direcciones/dgdv/editorial/

Coordinadores

D.R. © Fernando Ramos Gourcy
Luis Reyes Muro
José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo

D.R. © Natividad Tlacotempa Avilés
Fabián Fernández Luqueño
Miriam Vega Hernández
Mónica Alondra Flores Rivera
Manuel Alexis Sánchez Castro
Andrea Yakelin Pérez Moreno
Pedro Rivera Ruiz
Román Guadalupe Morales Marta
Hermes Pérez Hernández
César Roberto Sarabia Castillo
Rolando Ávila Ayala
Margarita Eugenia Gutiérrez-Ruiz
Tarsicio Medina Saavedra
David Cristóbal Acevedo
María Dolores Guevara Espinosa
Lenom Cajuste Bontemps
Isabel del Rayo Estrada Herrera
Óscar Valdivia Martínez
Tania González Vargas
Erika María López García
Mario Francisco Santoyo de la Cruz
Julia Amalia Hernández González
Alejandra Guadalupe Villegas Pañeda
Rufo Sánchez Hernández
Gustavo Ortiz Ceballos
Karla Varela Mata
Luis Fernando Monfil Hernández

Sergio Dionisio Luévano Gurrola
David Espinosa Victoria
José Saúl Padilla Ramírez
Juan Carlos Camacho Chab
Griselda del Carmen León-Galván
Karla Vanessa de Lira Ramos
Blanca Estela Gómez Luna
Gabriela Medina Pérez
Judith Castellanos Moguel
Jorge López Cárdenas
Rubén Garza Lau
Alejandro Moreno Reséndez
Marco Antonio Bustamante García
Angélica Cardiel Alanis
Nayely Jazmín Gutiérrez Ruelas
Ezequiel Muñoz Márquez
Aracely Mena Echevarría
Rosalinda Mendoza Villarreal
Adalberto Benavides Mendoza
Juan Carlos Velázquez Juárez
José Osbaldo Ramos Méndez
José Rafael Paredes Jácome
Hugo Ernesto Flores López
Alejandro Ismael Monterroso Rivas
Nadia Hernández Tapia
Mariana Miranda Arámbula
Fidel Blanco Macías
Tomás Moreno Gallegos
Jesús López Guzmán
Rebeca de Gortari Rabiela
Nalleli Concepción Pérez Pérez
María Inés Yáñez Díaz
Rafael Delgado Martínez
Leonel García Álvarez
Victorino Gómez Valenzuela
Karem Arely Aguirre Terrazas
Jonatan Torres Pérez
Ruby Azucena Sarabia Sánchez
Elva Jessica García Celestín
Claudia Tiscareño Villa
Yuridia del Carmen Jiménez López
Gildardo Pérez Mireles
Miguel Ángel Martínez Gamiño

Héctor Ramírez Garduño
Alfonso Serna Pérez
Jonhson Fabricio Garcés Aguirre
Marithza Guadalupe Ramírez Gerardo
Martin Espinosa Ramirez
Carlos Rojas Santillán
Daniel Torres Nava
Miguel Agustín Velásquez Valle
Sergio Arellano Arciniega
Edelvis Mónica Álvarez Cadena
Esteban Salvador Osuna Ceja
Francisco Guadalupe Echavarría Chairez
Roberto García Marroquín
Brenda Ponce Lira
Abraham Díaz Romo
Susana Ortega Lopez
Leonardo Pulido Madrigal
Arturo Erubiel Hernández Tirado
Gilberto Vela Correa
Dulce Flores Rentería
Luis David Naranjo Espinoza
Juan Manuel Covarrubias Ramírez
Mónica Guadalupe Lozano Contreras
Aurelio Báez Pérez
Miguel Ángel Gallegos Robles
Rubén Guerrero Medina
Jaime Cruz Rodríguez Gómez
Gabriela Vázquez Barenca
Gustavo Mercado Mancera
Cristian Alejandro Reyna Ramirez
Rigoberto Castro Rivera
José Antonio Hernández Herrera
Alfredo Mondragón Sánchez
Gisela Aguilar Benítez
Sara Luz Vera García
Erick Baltazar Brenes
Alfonso de Luna Jiménez
Juan Pedro Flores Margez
Felipe De Jesús González Rodríguez
Armando Lopez Santos
Mercedes Borja Bravo
Luis Reyes Muro

Comité de Arbitraje Científico:

José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo

Para citar esta obra:

Ramos G. F., Reyes M. L., Padilla R. J. S., Perales S. C., Martínez G. M. A., Rodríguez M. V. M., Osuna C. E. S. y Borja B. M. (Coords.). 2019. *El suelo, donde todo comienza*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags. México. 972 p.

Diseño editorial:
Genaro Ruiz Flores González
ldgnaro.myportfolio.com

ISBN 978-607-8652-94-5

Hecho en México
Made in Mexico

El contenido y cuidado de los textos son responsabilidad de los autores

CÁSCARA DE CACAHUATE COMO PRECURSOR DE CARBÓN ACTIVADO PARA PROCESOS DE SORCIÓN DE COLORANTE R-40

Jonatan Torres-Pérez¹
Denisse Alejandra Morales-Serrato¹

RESUMEN

Los colorantes azoicos son compuestos heterocíclicos y aromáticos con gran estabilidad. Son utilizados en gran medida por la industria, la cual genera en sus procesos una gran cantidad de efluentes con la presencia de estas moléculas tóxicas para las poblaciones. Un tratamiento para reducir la contaminación del agua con este tipo de colorantes es la adsorción con carbón activado proveniente de residuos agrícolas, este proceso implica la acumulación o concentración de sustancias en la superficie o interfase de un material adsorbente. Es un método altamente eficiente, fácil de operar e insensible a sustancias tóxicas. La presente investigación evaluó la capacidad de sorción de un carbón activado alternativo para la eliminación de un colorante azoico (R-40) en un proceso de sorción en columna. Se realizó en un sistema en continuo por medio de columnas empacadas con un lecho fijo de carbón activado de cáscara de cacahuete. Mediante flujo ascendente se hizo pasar el contaminante en el adsorbente, logrando una remoción en la concentración inicial del colorante. El proceso de sorción en columna se representó mediante curvas de saturación donde se logró observar un porcentaje de remoción inicial de entre el 90 y 100 % del colorante R-40. Se aplicó el modelo de Thomas para conocer que el ajuste cinético de los procesos de sorción evaluados adaptándose a la isoterma de Langmuir. El proceso de adsorción en columna fue eficiente para la remoción del colorante R-40 en medio acuoso utilizando un carbón activado sustentable.

Palabras clave: Residuos agrícolas, Rojo allura, Tratamiento de agua.

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Cuerpo Académico de Contaminación en Recursos Naturales. jonatan.torres@uacj.mx

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es un tema ambiental que ha causado una gran preocupación a nivel mundial, en México este problema ha ido en aumento debido al crecimiento industrial, ya que requieren en sus procesos la utilización en gran medida de este recurso hídrico, descargando sustancias de desecho a diversos cuerpos de agua (Li *et al.*, 2010).

La industria alimentaria, papelera, cosmética, y principalmente la industria textil generan una gran cantidad de efluentes contaminados con colorantes azoicos, que son recalcitrantes y poseen propiedades carcinógenas (Saratale *et al.*, 2011). Son considerados potencialmente mutagénicos para los humanos y tóxicos para los organismos acuáticos (Chung & Stevens, 1993). Además, resisten la exposición solar y presentan alta estabilidad por lo que resultan resistentes a la degradación microbiana (Banat *et al.*, 1996).

Un proceso fisicoquímico para la remoción de colorantes en agua es la adsorción con carbón activado, la cual implica la acumulación de sustancias en su superficie o interfase, por lo tanto, no genera subproductos contaminantes al ambiente (Weber & Adams, 1995). La implementación de un proceso de sorción utilizando carbón activado proveniente de un residuo agrícola (cáscara de cacahuete) disminuye la contaminación del agua con colorantes azoicos, así como la presencia de abundantes residuos en el ambiente.

La técnica de sorción es altamente eficiente, fácil de realizar e insensible a las sustancias tóxicas (Machado *et al.*, 2012; Wu, 2007). Además, este proceso se considera de bajo costo debido a que el tratamiento del agua puede ser reutilizada en los procesos industriales y el adsorbente puede ser regenerado, almacenado en un lugar seco y reutilizado (Machado *et al.*, 2011). Lo que hace idóneo a este proceso para reducir este problema ambiental. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue la evaluación de las propiedades adsorbentes de un carbón preparado a partir de cáscara de cacahuete para la eliminación del colorante Rojo No. 40 mediante un proceso de sorción en continuo (columna).

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del carbón activado

El material seleccionado para la fabricación del carbón activado fue cáscara de cacahuete, la cual fue colocada en una estufa de secado (Shell Lab®) a 105 °C durante 24 horas, posteriormente fue calentada desde 10 °C min⁻¹ hasta llegar a una temperatura de 850 °C durante 80 minutos bajo un caudal de nitrógeno de 0.5 L min⁻¹. Se introdujo vapor en el horno equipado con un reactor de cuarzo (Carbolite®, HTR11/75), la activación del carbón se realizó mediante la introducción de agua en la entrada del recipiente de cuarzo con un flujo de 0.7 mL min⁻¹ durante 80 min; las gotas de agua fueron llevadas al reactor por el gas que se usó para mantener la atmósfera inerte (N₂). Las muestras se dejaron enfriar bajo la atmósfera de nitrógeno en el reactor. Estas condiciones se optimizaron a partir de un estudio previo (Torres-Pérez *et al.*, 2012). Una vez finalizado el proceso de carbonización, el carbón activado resultante fue triturado y tamizado con un Tamiz de 8 pulgadas de cobre (Fisherbrand®), el tamaño de partícula que se utilizó fue de 0.50 - 1.00 mm.

Fabricación de columnas adsorbentes de lecho fijo

A tres pipetas de vidrio (Pasteur, Corning®) se les colocó un tapón de algodón, posteriormente fueron empacadas con 0.107 g de carbón activado de cáscara de cacahuete con una altura de lecho fijo de 1 cm, y fueron selladas con otro trozo de algodón. Dichas columnas fueron nombradas como A-107, B-107 y C-107. Cada columna fue sostenida por un soporte y conectada a una bomba peristáltica (Control Company®, mod. 3384CC) en la cual se hizo pasar el contaminante (colorante R-40) como se muestra en la Figura 1.

Procesos de remoción de R-40 en un sistema en continuo

Se tomó cada columna adsorbente de lecho fijo con carbón activado de cáscara de cacahuete y fue conectada a la bomba peristáltica (Control Company®, mod. 3384CC) mediante una manguera que la puso en contacto directo con una solución de colorante R-40 con una concentración de 5 ppm y con un flujo de 1.0 mL/min. Se recolectaron muestras de la solución de colorante después de haber estado en contacto con la columna cada 20 mL, dichas muestras fueron medidas en un espectrofotómetro de UV-VIS (Jenway®,

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

mod.7315), a una longitud de onda de 502 nm para evaluar la concentración de colorante removido por este sistema en continuo. Este proceso de remoción se llevó a cabo para las columnas A-107, B-107 y C-107 bajo las mismas condiciones.

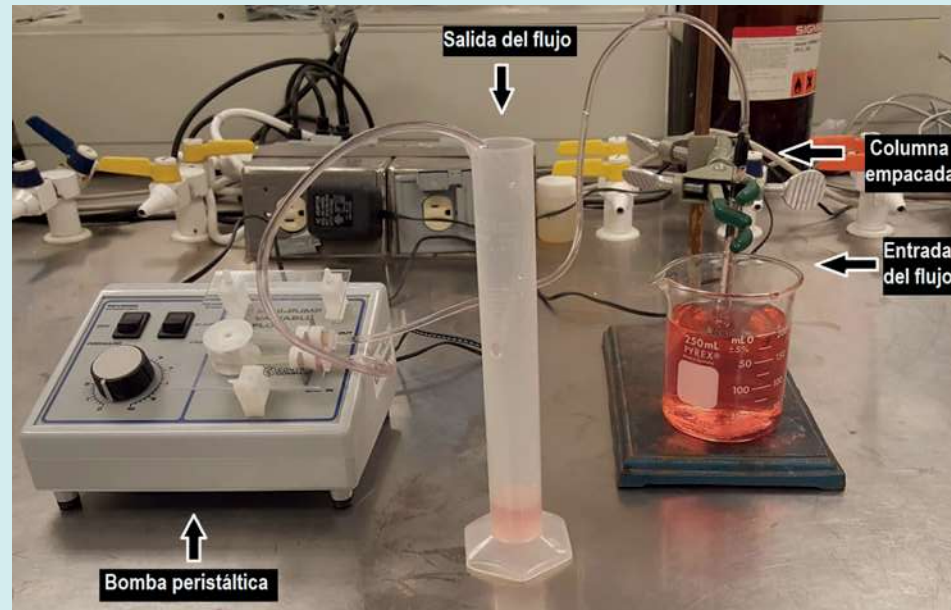


Figura 1. Sistema de sorción en continuo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de columnas adsorbentes de lecho fijo

En un proceso de sorción en continuo, el agua residual fluye a través de una columna empacada con el adsorbente, los contaminantes se separan gradualmente, y el agua residual se va purificando progresivamente conforme atraviesa la columna (Ramalho, 2003). La retención de los contaminantes en una columna de lecho fijo depende de la cantidad de material adsorbente empleado (altura del lecho) con la que trabaja

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

la columna. Es por ello que en la presente investigación se evaluó el efecto de la variación de la masa de lecho fijo en columnas empacadas.

El primer proceso de sorción en continuo fue evaluado con columnas empacadas con 0.107 g de carbón activado de cáscara de cacahuate (A-107, B-107 y C-107).

Las columnas estuvieron en contacto con una solución de colorante R-40 a una concentración inicial de 5 ppm y un flujo constante de dicha solución (1.0 mL/min), en las Figuras 2a, 3a y 4a se observa la relación entre el volumen de solución empleada y la concentración de colorante removido (mg/L). Por otro lado, en las Figuras 2b, 3b y 4b se observa la normalización del proceso de sorción para la determinación del porcentaje de remoción de cada columna. En la Figura 2 se muestra que una masa de 0.107 g de carbón activado de cáscara de cacahuate es capaz de tratar eficientemente en un proceso en continuo 1240 mL de solución con colorante R-40 (A-107); 1200 mL fueron tratados eficientemente por la columna B-107 (Figura 3) y 1600 mL para la columna C-107 (Figura 4).

Así mismo, se observó que 0.107 g de carbón activado de cáscara de cacahuate removieron 90, 75 y 100 % del colorante en solución para las columnas A-107, B-107 y C-107 respectivamente. El punto de agotamiento, es decir el punto en el cual empieza la saturación del material contenido en la columna fue de 1240 mL para A-107, donde el porcentaje de remoción fue del 18 %; para B-107 el punto de agotamiento fue de 1200 mL con un porcentaje de remoción de 25 % y para C-107 fue de 1600 mL con un porcentaje de remoción del 30 %. Para los tres casos dichos puntos de agotamiento fueron donde el material empacado pierde su capacidad de sorción y se satura por completo.

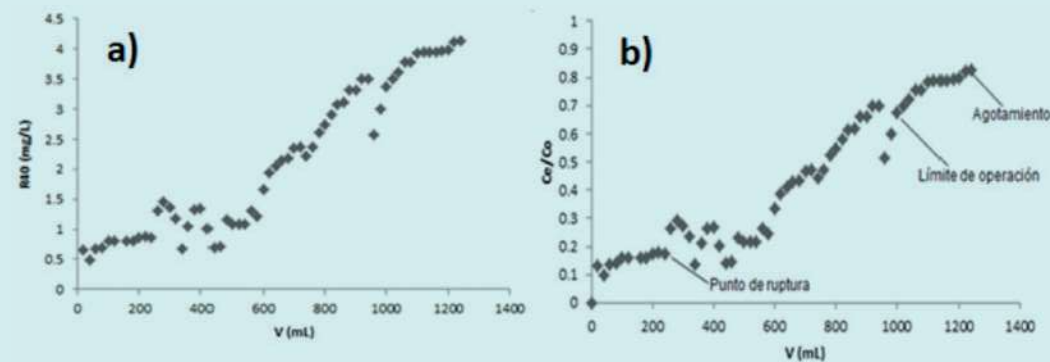


Figura 2. Proceso de sorción de R-40 en continuo usando la columna A-107 (a) y normalización de los datos de sorción de la columna (b).

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

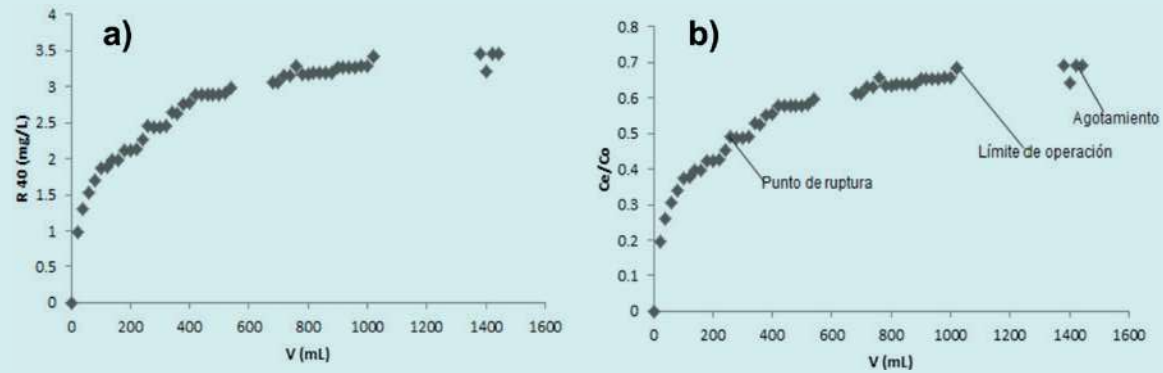


Figura 3. Proceso de sorción de R-40 en continuo usando la columna B-107 (a) y normalización de los datos de sorción de la columna (b).

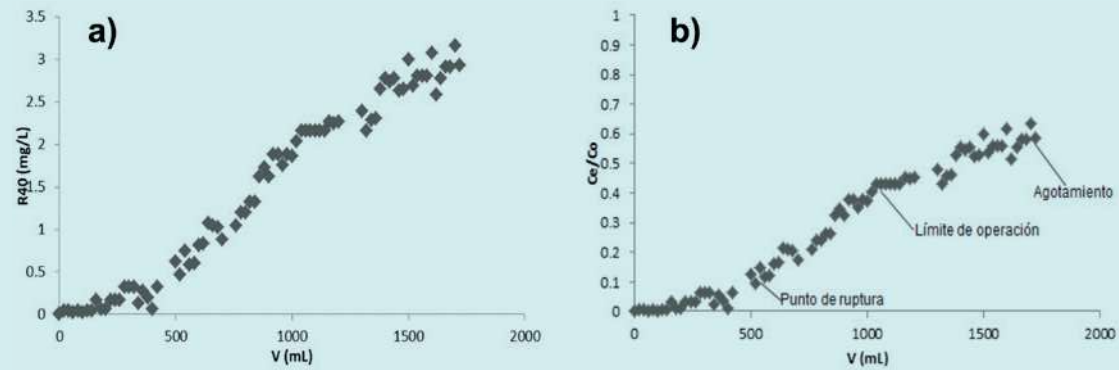


Figura 4. Proceso de sorción de R-40 en continuo usando la columna C-107 (a) y normalización de los datos de sorción de la columna (b).

CONCLUSIONES

El carbón activado proveniente de cáscara de cacahuete empacado en columna presentó capacidad de sorción para la eliminación del colorante R-40.

Se demostró que no existen diferencias importantes para cada grupo de columnas probadas en condiciones similares al determinar el punto de ruptura, el límite de operación y el punto de agotamiento de cada proceso de sorción.

La mayoría de los procesos de sorción evaluados se ajustan al modelo de Thomas lo que implica que el proceso de sorción puede ser descrito así mismo por la isoterma de Langmuir.

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo recibido por parte de los proyectos FOMIX-CONACY (Mexico), número CHIH-2012-C03-194671, y PROMEP-SEP (Mexico) No.103.5/12/3457.

LITERATURA CITADA

- Banat M., Nigam P., Singh D., & Marchant R. 1996. Microbial decolorization of textile dyecontaining effluents: a review. *Biosource Technology*. 58(3): 217-227.
- Chung, K.T., & Stevens, S.E.J. 1993. Degradation of azo dyes by environmental microorganisms and helminths. *Environmental Toxicology*. 12(11): 2121-2132.
- Li, S. Tian, S. Du, C. He, C. Cen, C. & Xiong, Y. 2010. Vaseline-loaded expanded graphite as a new adsorbent for toluene. *Chemical Engineering Journal*. 162: 546-551.
- Machado, F., Bergmann, C., Fernandes, T., Lima, E., Royer, B., Calvete, T., & Fagan, S. 2011. Adsorption of Reactive Red M-2BE dye from water solutions by multi-walled carbon nanotubes and activated carbon, *Journal of Hazardous Materials*. 192: 1122–1131.
- Machado, F., Bergmann, C., Lima, E., Royer, B., dos Santos, B., Fagan, S., Jauris, I., & Calvete, T., 2012. Adsorption of Reactive Blue 4 dye from water solutions by carbon: experiment and theory, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 14: 11139– 11153.
- Ramalho, R. 2003. *Tratamiento de Aguas Residuales*. Ed. Reverte. México.
- Saratale, R.G., Saratale, G.D., Chang, J.S. & Govindwar, S.P. 2011. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineering* 42: 138-157.
- Torres-Pérez, J., Soria-Serna, L.A., Solache-Rios, M. & McKay, G. 2012. One Step Carbonization/Activation Process for Carbonaceous Material Preparation from Pecan Shells for Tartrazine Removal and Regeneration after Saturation. *Adsorption Science & Technology*, Volume 33(10): 895-913.

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

- Weber, E.J., & Adams, R.L. 1995. Chemical and sediment-mediated reduction of the azo dye disperse blue 79. *Environmental Science and Technology* 29(5): 1163-1170.
- Wu, C. 2007. Adsorption of reactive dye onto carbon nanotubes: equilibrium, kinetics and thermodynamics, *Journal of Hazardous Materials*. 144: 93-100.