



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

Año 4. Número 2. Volumen 8
Julio - Diciembre 2014

Evaluación del uso de cáscara de huevo como sustrato adsorbente para la remoción de Cromo (VI) en solución acuosa

**(Evaluation of the use of egg shell as adsorbent substrate for the
removal of Chromium (VI) in aqueous solution)**

Escobar, María¹; Lobo, Génesis¹; Maza, Mauriely¹; Pineda, Antonio¹; Romero,
Luis¹; Velásquez, Julissa²; De la Rosa, María de los Ángeles¹.

¹Unidad Educativa Colegio “San Vicente de Paúl”.
Barquisimeto, Estado Lara.

² Universidad Nacional Experimental Politécnica
“Antonio José de Sucre”

mariita22princess@hotmail.com

RESUMEN

Los metales pesados provenientes de los vertidos industriales son considerados los contaminantes inorgánicos más relevantes de los cuerpos de agua, pues afectan en alto grado la salud del ser humano y el bienestar del ambiente. A fin de evaluar el uso de cáscara de huevo como sustrato adsorbente de Cromo (VI), se realizó una investigación de tipo experimental, considerando la cantidad de sustrato y el tiempo de contacto sustrato-solución como variables independientes. Se recolectaron 10 Kg de cáscara de huevo, seleccionándose aleatoriamente una muestra equivalente al 30% de esta cantidad, siendo pretratada posteriormente. Para realizar las experiencias, se empleó un diseño factorial de matriz 3x7, donde los grupos experimentales, constituidos por 2,00; 4,00 y 6,00g de cáscara pretratada (F₁, F₂ y F₃, respectivamente), fueron colocados en agitación constante durante siete horas con 500mL de una solución de Cromo (VI) de concentración inicial 3,00ppm, tomándose alícuotas de 10mL cada hora. Además, se empleó una fiola sin muestra, que funcionó como grupo testigo. Se midió la absorbancia en las alícuotas, determinándose las concentraciones finales de Cromo (VI), obteniéndose un porcentaje de remoción de 5,24% para el F₁, 34,36% para el F₂ y 24,43% para el

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

F₃. Se concluyó que la cáscara de huevo es efectiva como sustrato adsorbente de este metal y que la cantidad de sustrato y el tiempo de contacto sustrato-solución influyen directamente en el proceso. Comparando con los resultados obtenidos por Barroeta y Díaz (2010), se observó una mayor efectividad por gramo de adsorbente en la remoción de Cromo (VI) utilizando cáscara de huevo en condiciones adecuadas (0,13mg/g), respecto a la arcilla blanca (0,11mg/g).

Palabras clave: Cáscara de huevo, metales pesados, adsorción.

SUMMARY

The heavy metals from industrial discharges are considered the inorganic contaminants most relevant of water bodies, because they affect the human health and the welfare of the environment highly. In order to assess the use of eggshell as adsorbent substrate of Chromium (VI), an experimental investigation was performed, considering the amount of substrate and contact time substrate-solution as independent variables, 10 Kg of eggshell were collected, randomly selected a sample of 30% of this amount being subsequently pretreated. To perform the experiments, a factorial design of matrix 3x7 was used, where the experimental groups, consisting of 2.00; 4.00 and 6.00 g pretreated eggshell (F₁, F₂ and F₃, respectively), were placed under constant stirring for seven hours with 500 mL of a solution of Chromium (VI) initial concentration 3,00ppm, taking 10 mL aliquots each hour. In addition, a vial without sample, which served as a control group was used. Absorbance was measured in aliquots, determining the final concentrations of Chromium (VI), obtaining a removal rate of 5.24% for F₁, 34.36% for F₂ and 24.43% for F₃. It was concluded that the eggshell is effective as an adsorbent substrate of this metal and the amount of substrate and the contact time substrate-solution directly influence in the process. Comparing with the results obtained by Barroeta and Diaz (2010), a greater effectiveness was observed per gram of adsorbent in removing Chromium (VI) using eggshell under suitable conditions (0,13mg / g), relative to the white clay (0,11mg / g).

Keywords: Eggshell, heavy metal, adsorption.

INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento más importante del medio ambiente, pues determina la distribución de plantas, animales y seres humanos en el globo terrestre, creando un ecosistema estable, así lo expresan Vargas y García (2002), quienes además afirman que son los seres humanos los que debilitan y dañan esa estabilidad; siendo el agua objeto día a día de una severa contaminación.

Esta contaminación tiene un impacto importante en la salud y el bienestar del ser humano y del ambiente. El problema se agrava cuando se considera que tan solo el 0,03% del agua está disponible para su consumo y de este porcentaje, el 72% se

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

encuentra contaminado por vertidos humanos e industriales, tal como lo reporta Salazar (2007).

Resulta oportuno mencionar, que la contaminación de origen industrial es una de las que produce un mayor impacto en los cuerpos de agua (ver Fig.1); debido a la gran variedad de materiales dañinos que pueden verter tales como: aceites, grasas, materia orgánica y metales pesados.



Figura 1. Contaminación industrial.

Cabe destacar, que los metales pesados son elementos químicos altamente tóxicos aún en concentraciones pequeñas. Según científicos pertenecientes al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España (2013), la exposición a metales pesados causa la degradación de ríos y muerte de la vegetación, animales e incluso daños directos a la salud del hombre. La peligrosidad de dichos metales es mayor, al no ser química ni biológicamente degradables.

Específicamente, en el Estado Lara, se encuentra presente la contaminación por metales pesados en la cuenca del Río Turbio. La calidad del agua de este río ha sido cuestionada por investigadores de la ciudad, quienes han exaltado la necesidad de su remediación, dado que se han encontrado en sus aguas elementos como: Cromo, Plomo, Hierro, Manganeso y Cobre entre otros contaminantes, según ha reportado Salazar (ob cit.).

Ante esta gran problemática, se han desarrollado alternativas para la remoción de los metales pesados, con el propósito de lograr la preservación y reaprovechamiento de las aguas contaminadas con ellos. Sin embargo, son costosas y no resultan atractivas a los intereses económicos de las grandes industrias contaminantes.

Por otra parte, existe una fuente de contaminación ambiental que representa un potencial aprovechable como recurso en la remoción de estos metales, constituido por los residuos agroindustriales. Entre estos se encuentra la cáscara de huevo de gallina, que según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012), da lugar a aproximadamente un billón 200 mil millones de unidades a nivel mundial.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

Por lo tanto, se pretende aprovechar este recurso fácilmente disponible, como una alternativa que pudiese aportar una posible solución de los problemas ambientales, por medio de un procedimiento sencillo de adsorción, debido a que la cáscara está constituida principalmente por carbonato de calcio, el cual según Pickering (1976) , es un buen agente adsorbente (Fig.2).



Figura 2. Carbonato de Calcio de la cáscara de huevo.

En este marco de ideas, se plantean los siguientes objetivos que guiarán la presente investigación:

Objetivo General

Evaluar el uso de cáscara de huevo como sustrato adsorbente para la remoción de Cromo (VI) en solución acuosa.

Objetivos Específicos

- Establecer experimentalmente las condiciones adecuadas del proceso de adsorción para la remoción de Cromo (VI) en cuanto a cantidad de sustrato y tiempo de contacto sustrato-solución.
- Determinar la efectividad de la cáscara de huevo como agente adsorbente de Cromo (VI).
- Comparar la efectividad de la cáscara de huevo como sustrato adsorbente de Cromo (VI) con la efectividad de la arcilla blanca.

Las siguientes investigaciones, se encuentran destinadas a demostrar la eficiencia de algunos materiales y métodos para remover metales pesados de las aguas residuales y sirven de soporte para este estudio:

Barroeta y Díaz (2010), realizaron una investigación titulada “Evaluación de la efectividad de dos sistemas de columnas utilizando arcilla blanca cocida y zeolita X para

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

la remoción de Amonio, Nitrito, Nitrato, Cromo III y Cromo VI en aguas recolectadas de la empresa tenerías”, realizaron un sistema de adsorción dinámica que consistía en una columna de vidrio, a la cual se le agregaron aproximadamente 20 g de pellets de arcilla blanca. Los investigadores obtuvieron como resultado una remoción equivalente a 0,11 mg de Cromo (VI) por gramo de adsorbente utilizado.

Así mismo, Mejía y otros (2007), realizaron un trabajo titulado “La eliminación de Pb(II) -Plomo- del agua, vía bio-absorción usando cáscara de huevo”, los investigadores mexicanos mezclaron cáscara de huevo con Plomo, en una solución acuosa para remover el contaminante en la fase líquida. Los resultados mostraron que el uso de cáscara para la remoción de metales pesados es un simple, innovador, efectivo y económicamente viable método para el tratamiento de aguas residuales.

Los trabajos mencionados, le dan base a esta investigación, y constituyen un valioso aporte para la realización de este estudio.

Por otra parte, las teorías que fundamentan la investigación, se presentan a continuación:

Marín (2009) indica que, las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos de desecho, aguas de proceso y aguas de drenaje. Estas poseen gran variedad de materiales dañinos, tales como: aceites, grasas, materia orgánica y metales pesados.

El término de "metal pesado" se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm³, o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos, tal como lo indica Breckle (1991).

La Dou (1999) señala que entre los metales pesados más tóxicos para el ser humano se encuentra El Cromo (Cr), el cual es un metal duro, gris tenue. Se usa como platinado en partes automotrices, aparatos domésticos, herramientas y maquinarias, para producir aceros inoxidables, como pigmentos y conservadores en pinturas, colorantes, textiles, caucho y tintas. Su exposición causa sinusitis, perforación del tabique nasal, dermatitis, úlceras, bronquitis, asma y cáncer pulmonar.

Dado que los metales pesados son elementos altamente tóxicos, existen métodos para su eliminación que pueden ser: Químicos (precipitación con algún reactivo adecuado), biológicos (biorremediación) y físico-químicos (adsorción).

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEPROUNA
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

La adsorción, es un proceso que ocurre cuando las moléculas de un fluido se adhieren a la superficie de un sólido. La sustancia que se adsorbe, se denomina adsorbato, y el material sobre el cual lo hace es el adsorbente. Los investigadores de GuntHamburg (2010), expresan que si el adsorbente permanece en contacto con el adsorbato un tiempo suficiente, se establece un equilibrio de adsorción. En otras palabras, el adsorbente está totalmente saturado y ya no puede admitir más adsorbato (ver Fig. 3).

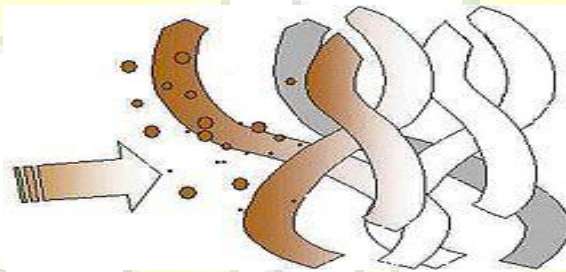


Figura 3. Proceso de Adsorción.

Asimismo, **los materiales adsorbentes**, son productos con ciertas características como: porosidad, alta capacidad de adsorción, propiedades físicas y tamaño de partículas adecuados, bajo costo y fácil regeneración.

Finalmente, como técnica instrumental de análisis, para conocer la estructura, grupos funcionales y elementos de una sustancia; y principalmente utilizada para determinar la proporción de metales y semimetales en disolución, se tiene la Espectroscopia de Absorción Atómica en Llama, la cual se realiza con un aparato llamado espectrofotómetro.

El siguiente documento de carácter legal se enmarca en la problemática ambiental de la presente investigación:

Las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos, fueron publicadas en la Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.021, el 18 de Diciembre de 1995 mediante el Decreto N° 883. Estas normas clasifican las aguas de acuerdo a su utilización final, establecen los límites legales de la concentración de sustancias peligrosas de acuerdo a la clasificación antes descrita y regulan las descargas de los vertidos líquidos. El límite legal de la concentración de Cromo (VI) dispuesto para los vertidos industriales es de 2,00 mg/l.

Naturaleza de la investigación

La presente investigación está ubicada en un enfoque cuantitativo, tal como lo afirman Hernández y otros (2010), puesto que parte de una idea que se delimita y de la

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

cual se derivan los objetivos e interrogantes de investigación; se construye un marco o una perspectiva teórica y se usa la recolección de datos para probar hipótesis establecidas con anterioridad, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Asimismo, el tipo de investigación a realizar se enmarca en la clasificación de: *experimental "puro"*, entendiéndose esta como el tipo de estudio donde se somete una serie de estímulos a una muestra, para observar y medir con precisión las consecuencias que estos generan, según lo afirmado por Arias (2006).

El diseño de la presente investigación corresponde a un diseño factorial de matriz 3x7. El cual se muestra a continuación:

Tabla 1. Construcción básica del diseño factorial de la investigación.

	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
m ₁	m ₁ t ₁	m ₁ t ₂	m ₁ t ₃	m ₁ t ₄	m ₁ t ₅	m ₁ t ₆	m ₁ t ₇
m ₂	m ₂ t ₁	m ₂ t ₂	m ₂ t ₃	m ₂ t ₄	m ₂ t ₅	m ₂ t ₆	m ₂ t ₇
m ₃	m ₃ t ₁	m ₃ t ₂	m ₃ t ₃	m ₃ t ₄	m ₃ t ₅	m ₃ t ₆	m ₃ t ₇

Esta investigación está enmarcada en el diseño antes definido, dado que se evaluó el efecto que tienen las variables independientes cantidad de sustrato y tiempo de contacto sustrato-solución en el nivel de remoción de Cromo (VI) en solución. La variable cantidad de sustrato se presenta en los tres niveles antes mencionados, correspondientes a las cantidades de sustrato empleadas (2,00; 4,00 y 6,00 g). Por otra parte, la variable tiempo de contacto sustrato-solución se manipula de una a siete horas, dando lugar a siete intervalos de tiempo distintos. Los grupos experimentales se definieron por las cantidades de sustrato empleadas (F₁, F₂ y F₃, respectivamente) y se utilizó un grupo testigo (F₀), que no contuvo muestra, para garantizar la ausencia de variables extrañas.

El diseño estuvo constituido por las siguientes Fases: Fase I, Recolección y pretratamiento de la muestra; Fase II, Determinación de las condiciones de experimentación; Fase III, Experimentación; Fase IV, Análisis de los resultados.

Sistema de variables

A efectos de esta investigación, se estableció como sistema de variables aquellas que permiten evidenciar la relación causa-efecto, es decir, las variables independientes: cantidad de sustrato y tiempo de contacto sustrato-solución y la variable dependiente: nivel de remoción de Cromo (VI) en solución acuosa. Por otra parte, es necesario mencionar las variables intervinientes: temperatura, concentración inicial de Cromo (VI) en solución acuosa, tamaño de partícula y velocidad de agitación, que se mantienen constantes a efectos de obtener validez interna.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

Cantidad de sustrato, definida operacionalmente como la masa en gramos de cáscara de huevo utilizada como agente adsorbente en el proceso de remoción de Cromo (VI).

Tiempo de Contacto sustrato-solución, definida como la cantidad de horas durante las cuales la cáscara de huevo se expone a la solución acuosa de Cromo (VI).

Nivel de remoción de Cromo (VI) en solución acuosa, definida operacionalmente como el porcentaje de remoción de Cromo (VI) obtenido de las muestras de soluciones acuosas, después de la utilización de la cáscara de huevo como agente adsorbente de dicho metal pesado.

Unidades de Estudio Población

La población de este estudio estuvo constituida por 10 Kg de cáscaras de huevo de gallinas, recolectadas por los investigadores en distintos puntos de la ciudad de Barquisimeto, conformada por residuos de expendios de comida y uso doméstico.

Muestra

Para el desarrollo de este estudio, la muestra estuvo constituida por una cantidad equivalente al 30% de la cantidad de cáscaras recolectadas (10 Kg), tomando en consideración lo expuesto por Ramírez (2001), quien señala que si bien se admite que mientras más grande sea la muestra, más cerca de la representatividad se estaría; afirma que: “La mayoría de los autores han coincidido en señalar que para los estudios basta con tomar un aproximado 30% de la población para que la muestra posea un nivel elevado de representatividad”. De esta forma la muestra quedó constituida por 3 Kg de cáscara de huevo de gallina, cuyo manejo además es asequible a los investigadores.

Procedimiento

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Fase I: Pretratamiento de la muestra

Las cáscaras fueron lavadas y secadas, posteriormente trituradas y calcinadas a 650 °C en la mufla. Por último, se trituraron nuevamente y se tamizaron con la serie de Taylor, como se observa en la siguiente figura:

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



Figura 4. Pretratamiento de la muestra.

Fase II: Determinación de las condiciones de experimentación

Se determinaron las condiciones de experimentación en cuanto a la concentración de Cromo (VI) en solución de 3,00 ppm, volumen de esta solución (500 mL), cantidad de sustrato adsorbente 2,00; 4,00 y 6,00 g, temperatura ambiente (25,5°C), tamaño de partícula (125-150 μm) y agitación constante.

Fase III: Experimentación

1. Se agregaron a las fiolas las cantidades pesadas de cáscara de huevo.
2. Se añadió a cada fiola 500 mL de agua contaminada con Cromo (VI).
3. Se colocaron las fiolas en un recipiente, sumergidas en agua para mantener constante la temperatura.
4. Se sometieron a agitación constante por 7 horas, tomando cada hora una alícuota de 10 mL.
5. Se filtraron las alícuotas tomadas.
6. Se midió la absorbancia (espectrofotómetro) y se registraron los datos en la tabla de registro de datos.

La figura 5 ilustra la fase de experimentación.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



Figura 5. Proceso de experimentación.

RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos tras la medición de la absorbancia de cada una de las alícuotas tomadas en la fase de experimentación, luego de exponer la muestra a una solución de Cromo (VI) con una concentración inicial de 3,00 ppm en un proceso de adsorción estática, donde el adsorbente y el adsorbato permanecieron en agitación constante a temperatura ambiente por un total de siete horas.

Para determinar el nivel de remoción, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica en llama, que proporcionó la absorbancia de cada una de las alícuotas. Posteriormente, se determinó la concentración que estas presentaban, utilizando la curva de calibración preparada con anterioridad. Dicha curva presentó un coeficiente de correlación lineal positivo casi perfecto de 0,996.

El análisis de los resultados fue estructurado de acuerdo a los objetivos de la investigación, a fin de facilitar el estudio y la comprensión de los mismos.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

Establecimiento de las condiciones adecuadas del proceso de experimentación

En el establecimiento de las condiciones adecuadas del proceso de experimentación se debe distinguir entre la determinación de la cantidad de sustrato adecuada y el tiempo de contacto sustrato-solución adecuado, a fin de explicar el efecto que causa cada uno en el nivel de remoción de Cromo (VI) en solución acuosa.

Establecimiento de la cantidad de sustrato adecuada en proceso de Adsorción de Cromo (VI) en solución acuosa

La Tabla 2 contiene los porcentajes de remoción obtenidos tras la exposición de las tres cantidades de sustrato a una solución de 3,00 ppm de concentración de Cromo (VI), en un sistema de adsorción estática de agitación constante por un total de siete horas a temperatura ambiente (25,5 °C). Además, se incluye el comportamiento de la solución de Cromo (VI) del grupo testigo, que evidencia la ausencia de cualquier variable extraña en el proceso de experimentación.

Tabla 2. Porcentajes de Remoción Obtenidos por cada cantidad de Sustrato empleada

Cantidad de sustrato (g)	2,00	4,00	6,00	TESTIGO
%Remoción	5,24	34,36	24,43	0

El Gráfico1 compara los datos anteriores:

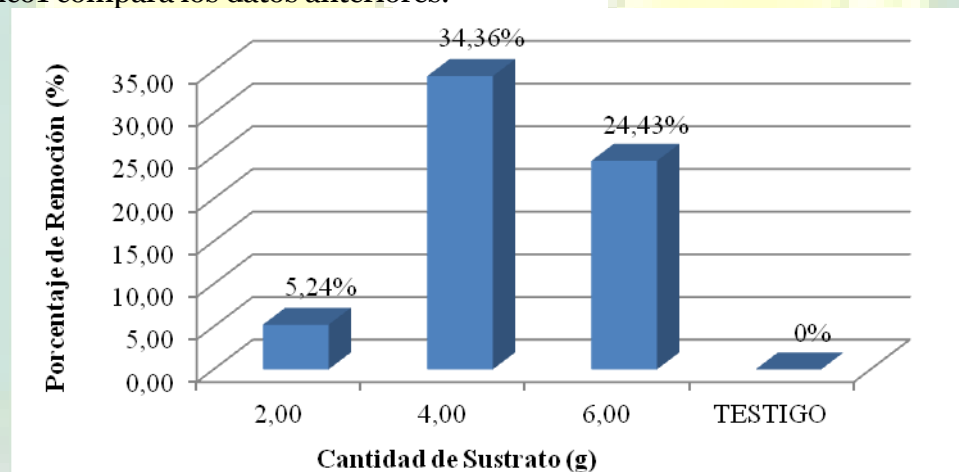


Gráfico 1. Comparación de los Porcentajes de Remoción Obtenidos por Cantidad de Sustrato Empleada

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

Se puede observar que el mayor porcentaje de remoción de Cromo (VI) (34,36%) corresponde a la utilización de 4,00 g de muestra, por lo que se deduce que dicha cantidad es la adecuada en las condiciones de experimentación antes expuestas. La remoción de Cromo (VI) alcanzada luego de la utilización de 2,00 g de muestra (5,24%) indica que dicha cantidad no es suficiente para remover los iones de Cromo (VI), pues disminuye la cantidad de sustrato disponible para el proceso de adsorción. Asimismo, se observó una menor remoción de Cromo (VI) en solución respecto a la cantidad adecuada (24,43%) utilizando 6,00 g de muestra, lo cual probablemente se deba a una baja eficiencia del proceso de agitación, lo cual corresponde al criterio de los investigadores del Grupo Clarimex, quienes aseguran que el proceso de agitación aumenta la energía cinética de las moléculas y promueve el contacto adsorbato-adsorbente, por lo que se presume que la homogeneidad de dicho contacto fue alterada, pues se aumenta la cantidad de sustrato y se mantiene la velocidad de agitación. Finalmente, es importante mencionar que la obtención de porcentajes de remoción distintos demuestra que la cantidad de sustrato influye en la efectividad del proceso de remoción de Cromo (VI).

Establecimiento del tiempo de contacto sustrato-solución adecuado en proceso de Adsorción de Cromo (VI) en solución acuosa

Para el estudio del efecto de la variable independiente tiempo de contacto sustrato-solución, se separaron los grupos experimentales y el grupo testigo, pues presentan diferencias en la cantidad de sustrato utilizada.

Grupo Experimental F_1

La Tabla 3 contiene los valores de la concentración de Cromo (VI) presente en solución tras cada hora de contacto sustrato-solución para el grupo experimental F_1 , correspondiente a 2,00 g de muestra.

Tabla 3. Concentración de Cromo (VI) presente en solución tras exponerle 2,00g de muestra por siete horas.

Tiempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Concentración (ppm)	3,13	3,02	3,07	3,02	2,96	3,02	2,96	2,96

Por su parte, el Gráfico 2 ilustra los datos de la tabla anterior:

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

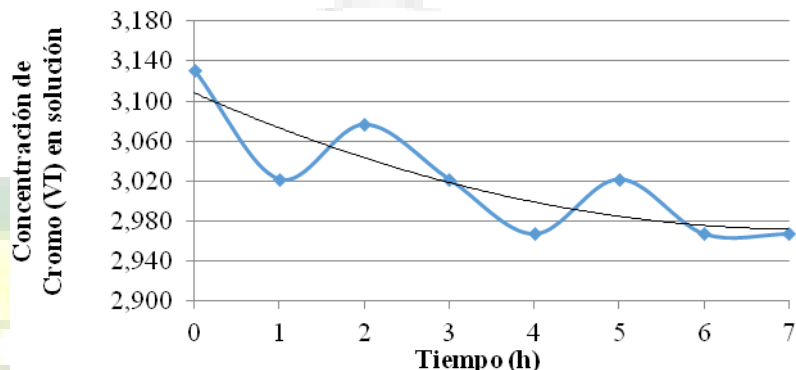


Gráfico 2. Curva de concentración de Cromo (VI) presente en solución versus tiempo de contacto sustrato-solución tras la utilización de 2,00g de muestra.

De acuerdo a la gráfica realizada, se observó un comportamiento irregular de la curva que pudiera deberse a un proceso de adsorción y desorción, evidenciada por un descenso despreciable de la concentración de Cromo (VI) hasta los 2,96 ppm, después de 7 horas de contacto sustrato-solución en agitación constante a temperatura ambiente. La remoción de Cromo (VI) se desarrolló entre dos intervalos de tiempo: desde el instante cero hasta la primera hora del proceso y desde la tercera hora y hasta la cuarta. Sin embargo, también se comprobó ausencia de adsorción en dos intervalos de tiempo: desde la primera hasta la tercera hora y a partir de la cuarta hora, donde se presume que fue alcanzado el equilibrio del proceso de adsorción por la probable saturación del material adsorbente. Por lo tanto, para el grupo experimental F₁, el tiempo de contacto sustrato-solución adecuado fue de aproximadamente 4 horas, pues no se presentó remoción posteriormente.

Grupo Experimental F₂

La Tabla 4 contiene los valores de la concentración de Cromo (VI) presente en solución tras cada hora de contacto sustrato-solución para el grupo experimental F₂, correspondiente a 4,00 g de muestra.

Tabla 4. Concentración de Cromo (VI) presente en solución tras exponerle 4,00g de muestra por siete horas.

Tiempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Concentración (ppm)	3,02	2,96	2,69	2,58	2,36	2,25	2,03	1,98

En la Gráfica 3 se representan los datos contenidos en la Tabla 4.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

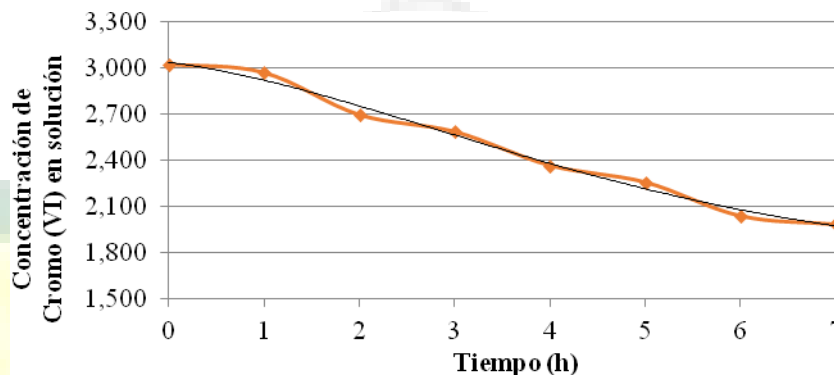


Gráfico 3. Curva de concentración de Cromo (VI) presente en solución versus tiempo de contacto sustrato-solución tras la utilización de 4,00g de muestra.

En este grupo experimental, se observó un descenso constante en la concentración de Cromo (VI) presente en solución hasta los 1,98 ppm. Es importante resaltar que, el comportamiento de la curva entre el instante cero y la segunda hora de la experiencia se observó a lo largo de todo el proceso, manifestándose disminuciones ligeras y pronunciadas en la concentración de Cromo (VI) alternadas cada hora. La escasa diferencia entre los dos últimos puntos, correspondientes a la sexta y séptima hora del proceso, sugiere proximidad al alcance del equilibrio en el proceso de adsorción. Igualmente, se puede observar agotamiento en el adsorbente. Para el grupo experimental F₂, el tiempo de contacto sustrato-solución adecuado fue de 7 horas, porque se alcanzó en este intervalo una concentración de Cromo (VI) de 1,98 ppm, menor a la exigida para los efluentes industriales en el Decreto 883.

Grupo Experimental F₃

La Tabla 5 contiene los valores de la concentración de Cromo (VI) presente en solución tras cada hora de contacto sustrato-solución para el grupo experimental F₃, correspondiente a 6,00 g de muestra

Tabla 5. Concentración de Cromo (VI) presente en solución tras exponerse a 6,00g de muestra por siete horas.

Tiempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Concentración (ppm)	3,13	3,07	3,02	2,98	2,80	2,58	2,42	2,36

En la Gráfica 4 se representan los datos contenidos en la Tabla 5.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

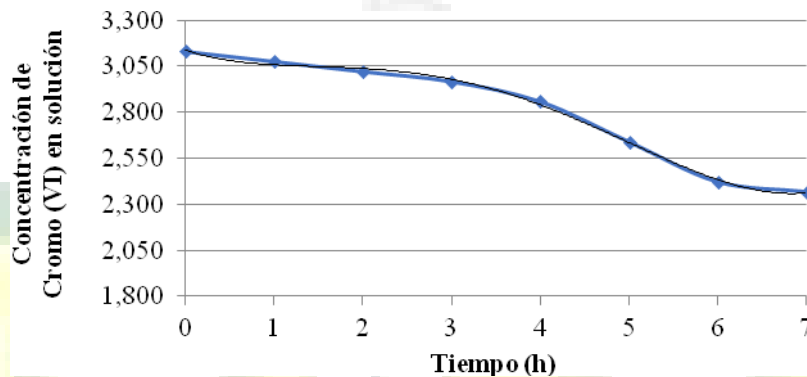


Gráfico 4. Curva de concentración de Cromo (VI) presente en solución versus tiempo de contacto sustrato-solución tras la utilización de 6,00g de muestra.

Como puede observarse, la concentración inicial de Cromo (VI), disminuye hasta alcanzar los 2,36 ppm. Entre el instante cero y las tres horas de dicho contacto, se observó una remoción hasta los 2,96 ppm. Sin embargo, se observó un aumento considerable en la adsorción de los iones de Cromo (VI) posteriormente, prolongándose hasta las 6 horas del proceso. Entre las 6 y las 7 horas de la experimentación, se observó una repentina disminución en la efectividad de la remoción de Cromo (VI), que permitió inducir la proximidad del alcance del equilibrio del proceso de adsorción. La variación en el comportamiento de la Concentración de Cromo (VI) a lo largo de la experimentación probablemente se deba a la ausencia de uniformidad del contacto sustrato-solución. Resultando 7 horas el tiempo de contacto adecuado para el grupo experimental F_3 .

Grupo Testigo (F_0)

La Tabla 6 presenta los valores de la concentración medida en las alícuotas tomadas cada hora del grupo testigo, tras mantenerse en las mismas condiciones que los grupos experimentales, a excepción del contacto con la cáscara de huevo.

Tabla 6. Concentración de Cromo (VI) presente en el grupo testigo tras mantenerse en las mismas condiciones que los grupos experimentales.

Tiempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Concentración (ppm)	3,18	3,13	3,18	3,18	3,07	3,13	3,18	3,18

El Gráfico 5 representa los datos contenidos en la tabla anterior.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

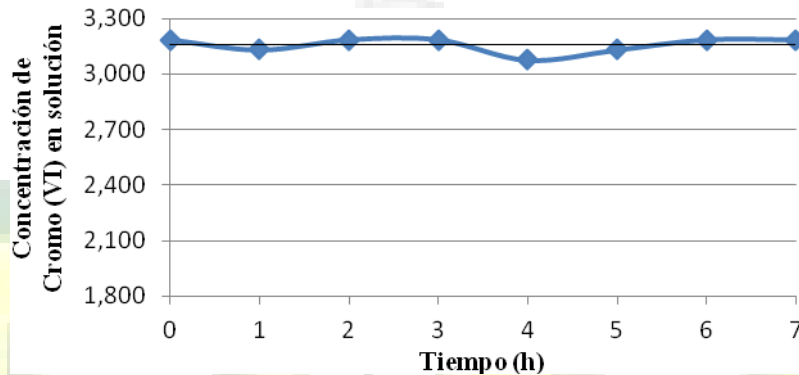


Gráfico 5. Curva de concentración de Cromo (VI) presente en solución versus tiempo de contacto.

El grupo testigo, que estuvo constituido por una solución de Cromo (VI) sin muestra, no presentó una alteración considerable a lo largo del proceso de experimentación. Esto permite afirmar que la remoción de Cromo (VI) solo es causada por la cáscara de huevo y no por alguna variable ajena al proceso.

Finalmente, se observó en cada uno de los grupos experimentales una disminución en la concentración de Cromo (VI) en solución con el transcurso del tiempo de contacto sustrato-solución, lo cual demuestra que dicho tiempo determina la efectividad del proceso de adsorción de Cromo (VI) en solución acuosa.

Determinación de la efectividad de la cáscara de huevo como agente adsorbente de Cromo (VI) en solución acuosa

De acuerdo a los porcentajes de remoción obtenidos luego de la exposición de la cáscara de huevo a una solución de Cromo (VI) de concentración inicial a 3,00 ppm, se determinó que dicho residuo agroindustrial es efectivo como agente adsorbente de Cromo (VI) en solución acuosa mediante la utilización de un sistema de adsorción estático, donde el adsorbato y el adsorbente son sometidos a agitación constante a temperatura ambiente. La efectividad de la cáscara de huevo en esta investigación viene dada por el mayor porcentaje de remoción obtenido (34,36%), después de la utilización de 4,00 g de dicho material adsorbente y 7 horas de contacto sustrato-solución, que fueron definidos como las condiciones adecuadas del proceso de adsorción. Dicho porcentaje demuestra las propiedades adsorptivas que posee la cáscara de huevo.

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEPROUNA
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

Comparación de la efectividad de la cáscara de huevo como sustrato adsorbente de Cromo (VI) en solución acuosa con la efectividad de la arcilla blanca

Para esta investigación se estableció como patrón de comparación la efectividad de la arcilla blanca obtenida en el estudio de Barroeta y Díaz (2010). Estos investigadores reportaron como resultado una remoción equivalente a 0,11 mg de Cromo (VI) por cada gramo de adsorbente, empleando un sistema de adsorción dinámico que consistía principalmente en una columna de vidrio.

En el caso de esta investigación, se obtuvo una remoción equivalente 0,13 mg de Cromo (VI) por cada gramo de adsorbente, en condiciones de experimentación adecuadas.

Del análisis de los resultados reportados en ambas investigaciones, se determinó que la cáscara de huevo resulta ser más efectiva como sustrato adsorbente de Cromo (VI) que la arcilla blanca.

CONCLUSIONES

En relación con los resultados obtenidos y los objetivos planteados en este estudio, se establecieron las siguientes conclusiones:

- La condiciones adecuadas del proceso de adsorción para la remoción de Cromo (VI) en cuanto a las variables independientes cantidad de sustrato y tiempo de contacto sustrato-solución fueron de 4,00 g de cáscara de huevo y siete horas de contacto en agitación constante a temperatura ambiente. Dichos valores corresponden al mayor porcentaje de remoción de Cromo (VI) obtenido (34,36%) tras exponer la muestra a una solución de 3,00 ppm de concentración de dicho metal pesado.
- Se determinó la efectividad de la cáscara de huevo como agente adsorbente de Cromo (VI), proporcionada por la remoción alcanzada en las condiciones adecuadas del proceso de adsorción para la remoción de este metal, equivalente a 0,13 mg de Cromo (VI) por gramo de adsorbente utilizado.
- Bajo las condiciones de experimentación adecuadas, se alcanzó una concentración de Cromo (VI) presente en solución de 1,98 ppm, debajo al límite permisible legal de concentración de Cromo Total en aguas provenientes de vertidos o efluentes industriales, señalado en el Decreto 883, quedando demostradas las propiedades adsorptivas que este desecho agroindustrial posee.
- Al comparar la efectividad de la cáscara de huevo como sustrato adsorbente de Cromo (VI) en solución acuosa con la efectividad obtenida por Barroeta y Díaz (2010) utilizando arcilla blanca, se determinó que la cáscara de huevo es un agente adsorbente más efectivo pues remueve 0,13 mg de Cromo (VI) por gramo

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEPROUNA
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

de adsorbente utilizado, mientras que la arcilla blanca remueve 0,11 mg de Cromo (VI) por gramo de adsorbente utilizado.

- Se concluye que la cáscara de huevo es un residuo agroindustrial efectivo para la remoción de Cromo (VI) en aguas, representando una alternativa competitiva para la remediación de aguas contaminadas por metales pesados, en vista de la capacidad adsorptiva que posee el carbonato de calcio, como su principal componente.

RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones de este estudio, se plantearon las siguientes recomendaciones:

- Realizar la experimentación para la remoción de Cromo (VI) por medio de un proceso de adsorción dinámica, utilizando pellets de cáscara de huevo.
- Evaluar la efectividad de la cáscara de huevo como agente adsorbente de metales pesados utilizando otros métodos de pretratamiento como la calcinación de la cáscara a una temperatura y tiempos superiores a los empleados en esta investigación.
- Realizar investigaciones que evalúen a la cáscara de huevo como agente adsorbente de otros metales pesados como el Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe) entre otros, para determinar su efectividad.
- Realizar el proceso de experimentación aumentando el tiempo de contacto sustrato-solución, a fin de garantizar el alcance del equilibrio en el proceso de adsorción de Cromo (VI).

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEProuna
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacvml.jimdo.com> revistacvml@gmail.com

REFERENCIAS

- Arias, F. (2006). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.** Caracas, Venezuela. Episteme.
- Barroeta, B. y Díaz, J. (2010). **Evaluación de la efectividad de dos sistemas de columnas utilizando arcilla blanca cocida y zeolita X para la remoción de amonio, nitrito, nitrato, cromo III y cromo VI en aguas recolectadas de la empresa tenerías.** Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”
- Breckle, C. (1991). **Growth under heavy metals.** New York, EEUU. Marcel
- Grupo Clarimex. (2006) **¿Qué es el carbón activado?** [Documento en línea]. Disponible en: www.clarimex.com [Consulta: 2013, Diciembre, 18].
- Grupo GuntHamburg (2010). **Conocimientos Básicos de la Adsorción.** [Documento en línea]. Disponible en: http://www.gunt.de/download/adsorption_water_membrane_spanish.pdf. [Consulta: 2014, Enero, 20]
- Hernández y otros. (2010). **Metodología de la investigación.** México D.F. McGraw-Hill. Quinta edición.
- LaDou, J. (1999). **Medicina laboral y ambiental.** México D. F. El Manual Moderno. Segunda edición.
- Mejía C. y otros (2007). **La eliminación de Pb(II) -plomo- del agua vía bio-adsorción usando cáscara de huevo.** [Documento en línea] Disponible en: http://www.ccytem.morelos.gob.mx/jccytem/index.php?option=com_content&task=view&id=146
- Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España. (2013). **Metales pesados.** [Documento en línea]. Disponible en: http://aesan.msssi.gob.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subdetalle/qui_metales_pesados.shtml [Consulta: 2014, Marzo, 01].
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.** (Decreto N° 883). Gaceta Oficial N° 5.021 (Extraordinaria). 18 de Diciembre de 1995.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2012). **Estadísticas de la FAO.** [Documento en línea]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QL/S> [Consulta: 2013, Noviembre, 04]
- Pickering, W. (1976). **Química analítica moderna.** Barcelona. Madrid, España: Reverté
- Ramírez, T (2001). **Como hacer un proyecto de investigación.** Caracas, Venezuela: Panapo.
- Salazar, A. (2007). **Generación de un estudio de línea base de información para la cuenca hidrográfica del río Turbio en el estado Lara, a través de la caracterización de su principal cuerpo de agua.** Trabajo de grado

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...



REVISTA DEL COLEGIO DEL MÉDICOS VETERINARIOS DEL ESTADO LARA

Urb. Nueva Segovia, calle 4 entre carreras 2 y 3, N° 2-41. Quinta CEPROUNA
Teléfonos (0251) 719.22.83 – 240.63.66. Barquisimeto - Estado Lara
RIF.: J-30496804-3 ppi: 201102LA3870 ISSN: 2244 – 7733
<http://revistacmvl.jimdo.com> revistacmvl@gmail.com

no publicado para optar al título de especialista de calidad ambiental. Instituto Universitario de Tecnología “Andrés Bello”.

Vargas, J. y García, P. (2002). **La contaminación de las aguas**. [Documento en línea]. Disponible en: <http://gracielisleen.galeon.com/enlaces2149584.html> [Consulta: 2013, Octubre, 23].

REVISTACMVL Año 4, Número 2. Volumen 2
Julio - Diciembre 2014
Páginas 36 - 43

Este artículo está disponible en:

<http://revistacmvl.jimdo.com/suscripci%C3%B3n/volumen-8/c%C3%A1scara-de-huevo/>

Se autoriza la difusión y reenvío de ésta información siempre que se coloque la respectiva cita y el enlace a <http://revistacmvl.jimdo.com/>

...Si continuamos haciendo lo que siempre hemos hecho... Obtendremos siempre los mismos resultados. Para obtener resultados diferentes, debemos hacer cosas diferentes...