

Estudio estadístico de los factores que afectan la remoción de Cromo VI de soluciones acuosas

Statistical study of the factors that affect the removal of Chromium VI from aqueous solutions.

Cabello Meza Orfelina Haydeé¹, Pérez Rodríguez Rebeca Yasmín², Saldaña Razo María Yocelin³, Meza Domínguez Alondra⁴, Chávez Mosqueda Monserrat¹, Gomez Delgado Paola¹, Hernández Ramírez Ilian Areli⁴, Sandoval Manjarrez Victoria⁴.

¹ Escuela de Nivel Medio Superior de Pénjamo. Colegio de Nivel Medio Superior de Guanajuato. Universidad de Guanajuato. orfelina.meza@ugto.mx.

² Departamento de Química. División de Ciencias Naturales y exactas. Campus Guanajuato. Universidad de Guanajuato.

³ Departamento de Ingeniería Química. División de Ciencias Naturales y exactas. Campus Guanajuato. Universidad de Guanajuato.

⁴ Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato. Colegio de Nivel Medio Superior de Guanajuato. Universidad de Guanajuato.

Resumen

El diseño de experimentos es la mejor opción para seleccionar la cantidad de pruebas que deben realizarse para los experimentos en el laboratorio, para ello se utilizan diferentes tipos de programas, en este caso, el empleado es el Minitab 18® donde por medio del procesamiento de datos, se genera la estadística correspondiente. En este trabajo se utilizaron la recolección de datos experimentales para establecer el diseño factorial total, donde se eligieron dos factores; el valor del pH con 3 niveles y el tiempo de contacto con 6 niveles para las soluciones de cromo hexavalente. Con la manipulación de los datos se obtiene la variable de respuesta en estudio: porcentaje de adsorción.

Palabras clave: Diseño de experimentos; cromo hexavalente, variable de respuesta, factores, niveles.

Introducción

En el campo de la investigación es necesario realizar experimentos o pruebas, con la finalidad de resolver o comprobar resultados a partir del trabajo generado en un laboratorio o industria. Aunque a veces se van probando las condiciones para encontrar el mejor resultado de dicha experimentación.

Una de las industrias que ha requerido de gran esfuerzo es la de la galvanoplastia, la cual emplea baños electrolíticos para el recubrimiento de piezas metálicas, sin embargo, éstos generan grandes cantidades de efluentes que contienen metales pesados como: cromo, níquel, mercurio, cadmio, talio, cobre, plomo y zinc y que son transportados a cuerpos de agua superficiales y subterráneos, ocasionado un impacto al medio ambiente y peligroso a la salud humana. En particular, el cromo en su estado hexavalente (Cromo VI) es un elemento altamente cancerígeno y que debe ser tratado porque debido a su toxicidad puede ser dañino. La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996 (Secretaría de Medio Ambiente, recursos naturales y pesca., 1998), establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado y municipal, cuya concentración no debe exceder de 0.75 mg/L, promedio diario.

En este trabajo, se presenta un estudio estadístico para evaluar el efecto de los factores (tiempo y pH) que afectan sobre la variable de respuesta "porcentaje de Cromo VI adsorbido" de soluciones sintéticas, a partir de datos experimentales obtenidos de estudios previos (Rubio-Campos et. al., 2022), utilizando el software Minitab 18®.

Estadística

Es común, que las pruebas o experimentos se hagan sobre la marcha, con base en el ensayo y el error, siguiéndolo de manera intuitiva, en lugar de un plan experimental adecuado que garantice una buena respuesta a las interrogantes planteadas.

Diseñar de manera estadística es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas, por lo que el diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados, por medio de la Estadística, proporcionen evidencias objetivas permitiendo la respuesta a interrogantes planteadas y clarificar los aspectos inciertos de una investigación, resolviendo el o los problemas y/o logrando mejoras.

La estadística bien aplicada al trabajo experimental conduce a realizar los diseños de experimentos de una forma más eficiente, ahorrando tiempo y recursos a la vez que se gana información. Los experimentos científicos pueden clasificarse en absolutos y comparativos (Box et.al., 2008).

1. Absolutos: el objetivo de estos es determinar propiedades absolutas de un conjunto de objetos, como la determinación del número de especies de un determinado animal en una determinada región.
2. Comparativos: el objetivo de estos es establecer comparaciones entre muestras que reciben diferentes tratamientos. Estos pueden ser experimentales u observacionales.
 - En los experimentales es posible controlar las variables, mantener constante o variar los factores que tienen una mayor influencia en el resultado; el control de las condiciones permite al investigador establecer relaciones causa-efecto, entre los factores controlados y los resultados, a esto se le llama experimentos diseñados y son reconocidos como los métodos más potentes en la ciencia.
 - En los observacionales, el investigador no tiene control sobre los factores que causan cambios en los resultados, se limita a observar la forma en la que se manifiestan para establecer relaciones asociativas entre los factores y las respuestas. La metodología estadística aplicada a los experimentos diseñados puede aplicarse también a los experimentos observacionales, aunque las conclusiones generalmente son menos convincentes y débiles.

En la actualidad, se emplea el diseño de experimentos en casi todas las áreas del conocimiento.

Diseño de experimentos

El diseño de experimentos (DOE) puede definirse como un proceso que consiste en plantear los pasos necesarios que se deben seguir, así como el orden de estos, para una recolección y posterior análisis de la información que requiere estudiar un problema de investigación. Su objetivo es el de obtener el máximo de información requerida por el experimento con el mínimo coste y la máxima eficiencia, presentándose una amplia clasificación (Figura 1). Un buen diseño es aquel que es capaz de proporcionar exactamente el tipo de información que se busca, con precisión, y es más eficiente cuando proporciona esta información con un número menor de datos. Sin embargo, para esto es necesario saber que se está buscando, lo cual parece obvio, pero no siempre es así (Kuehl, 2001).

Existen diferentes programas para la realización del diseño de experimentos. Los programas de análisis estadístico permiten aprovechar al máximo los datos que poseen, incluyen soluciones especializadas diseñadas para trabajar con lenguajes estadísticos, así como las aplicaciones más generales que automatizan varias operaciones de manipulación de datos.

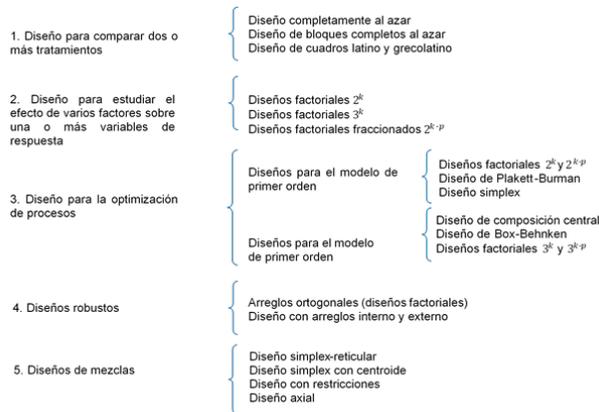


Figura 1. Clasificación de los diseños experimentales (Rubio-Campos, 2021)

Minitab

Uno de los programas empleados es el Minitab18®, que es un paquete que incluye todos los análisis estadísticos necesarios para la aplicación de la Estadística General, por ello es utilizado en sectores de todo tipo. En esta investigación, se apoyó el diseño de experimentos por medio del software antes mencionado, desarrollado en la Universidad del Estado de Pensilvania por investigadores como Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr. y Brian L. Joiner en 1972 y distribuido por Minitab Inc., una compañía de propiedad privada con sede en State College, Pensilvania (Rubio-Campos, 2021).

Materiales y métodos

Se realizó la revisión bibliográfica para recopilar datos experimentales de estudios previos (Rubio Campos, 2022) con la finalidad de predecir la respuesta que tiene la interacción entre el factor tiempo (minutos) y el valor del pH sobre porcentaje (%) de Cromo VI adsorbido.

A partir de soluciones de Cromo VI a 3 ppm, para valores de pH 2, 3 y 5 a tiempos de contacto de 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos, se realizaron los registros.

Para el estudio estadístico, se realizó un diseño de experimentos del tipo “Diseño factorial total” con dos factores (pH y tiempo); con 3 niveles para el valor del pH y 6 niveles para el factor tiempo de contacto en minutos con dos réplicas para cada uno de ellos. La respuesta obtenida del análisis estadístico es el porcentaje del Cromo VI adsorbido con dos réplicas para cada experimento. En la Tabla 1, se muestra el diseño factorial total para la variable del porcentaje (%) de cromo VI adsorbido.

Tabla 1. Diseño factorial total: 2 factores (pH y tiempo); 2 niveles para el pH y 6 niveles para el tiempo de contacto con dos réplicas para cada uno de ellos.

pH	Tiempo (minutos)					
	15	30	45	60	75	90
2	95.45	95.86	96.86	96.74	97.54	97.41
	97.45	97.76	98.18	98.2	98.3	99.05
3	63.44	70.98	79.08	83.46	87.06	91.9
	61.75	71.65	77.5	83.8	85.94	91.79
5	26.54	32.6	35.02	37.67	33.26	40.31
	28.85	29.63	35.68	38.22	37.67	41.74

Por medio del programa Minitab18®, se seleccionó el diseño de experimentos para las condiciones anteriormente descritas, capturándose los datos de la respuesta para completar y procesar de los datos realizando el respectivo análisis estadístico (Figura 2).

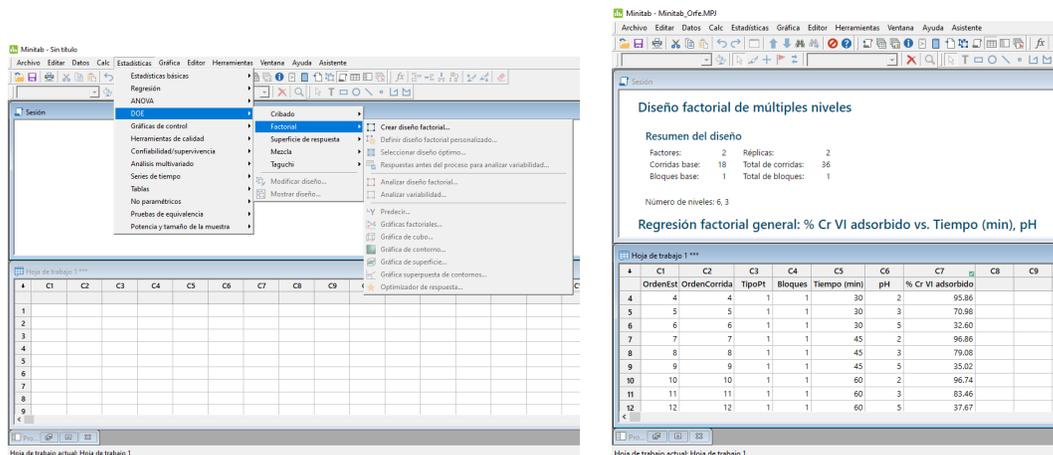


Figura 2. Hoja de cálculo para el diseño factorial en estudio.

Resultados y discusión

Una vez ingresados los datos al programa Minitab 18®, se obtuvieron las gráficas que se muestran en las Figuras 3 y 4.

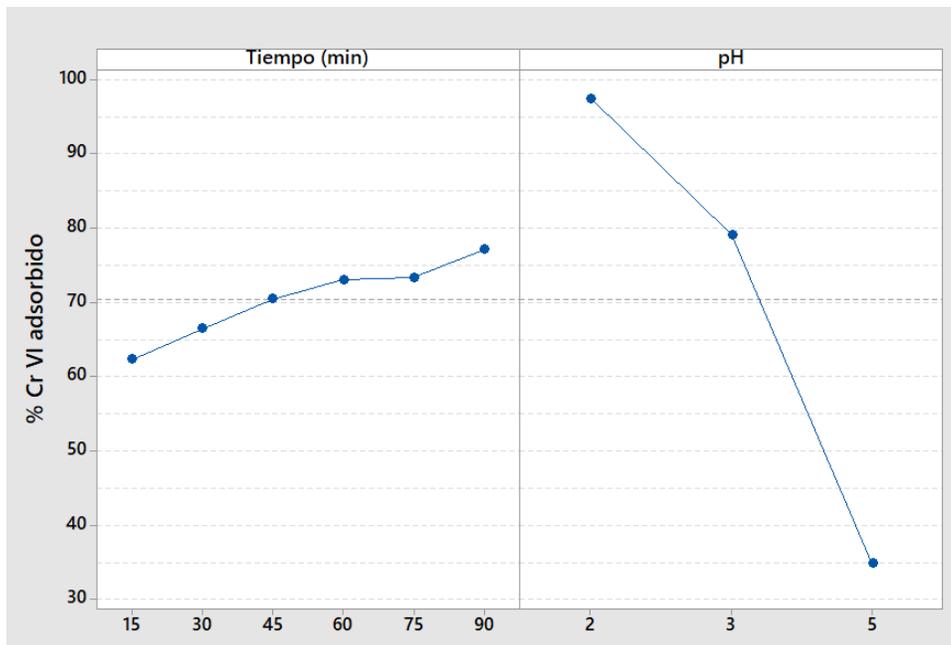


Figura 3. Principales efectos sobre los factores de Tiempo y pH sobre el porcentaje de Cromo VI adsorbido utilizando residuos de café.

En la Figura 3, se puede observar que para un tiempo de contacto de 60 min se logra la mayor adsorción de Cromo VI en el residuo de café y el pH podría más adecuado es el correspondiente al valor de 3, ya se encuentra más cerca de la media aproximada según en el análisis estadístico.

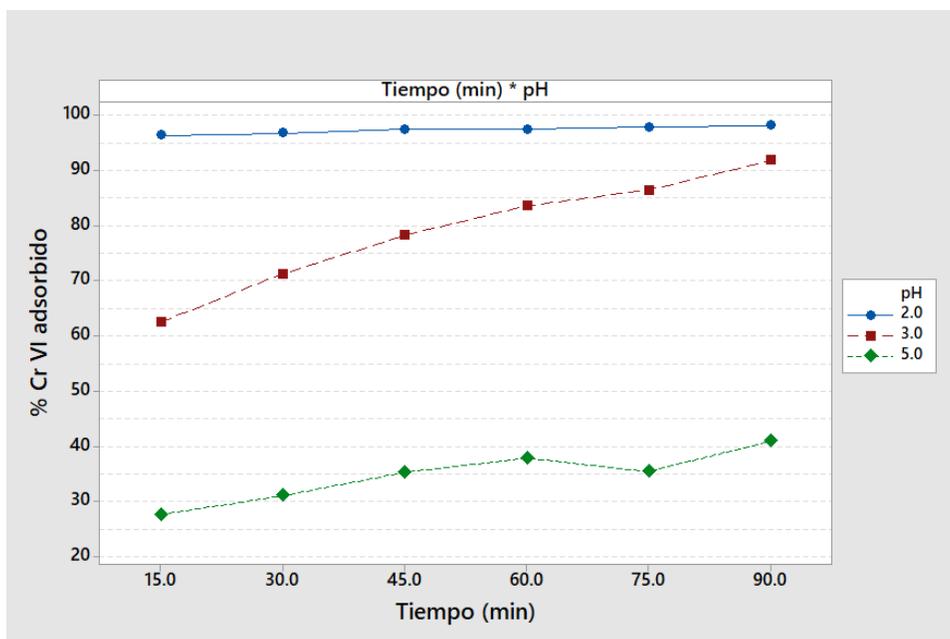


Figura 4. Principales efectos sobre la interacción de los dos factores de tiempo y pH sobre el porcentaje de Cromo VI adsorbido utilizando residuos de café.

En la Figura 4, se describen los principales efectos que tiene la interacción de los dos factores sobre el porcentaje de Cromo VI adsorbido en residuos de café. Como se puede que, al combinar los dos factores, se logra establecer con mayor claridad, que para el pH 3 existe una variación de la cantidad de porcentaje adsorbido de Cromo VI, siendo que entre los 45 a 60 min de contacto es donde termina de realizarse la adsorción. En cambio, en el pH 5 es muy baja la cantidad del porcentaje adsorbido y en el pH 2 no logra apreciarse cuál sería el cambio significativo del factor tiempo.

Agradecimientos

Agradecemos a la Mtra. Orfelina y la Dra. Rebeca por liderar este proyecto en el verano de la ciencia. Así como, a la dirección de la Escuela de Nivel Medio Superior de Pénjamo por las facilidades otorgadas para la realización de la investigación. A nuestra máxima Casa de estudios por darnos la oportunidad de realizar este tipo de estancias para la formación integral en bien del estudiante.

Conclusiones

El diseño de experimentos es muy útil al momento de realizar la experimentación en un laboratorio, ya se minimizan recursos, se toman decisiones de manera correcta para obtener los mejores resultados. El software Minitab18® es una herramienta de las tecnologías y de la información que ayuda al procesamiento de los datos estadísticos para coadyuvar el trabajo del diseño de experimentos. El trabajo se realizó con los datos de los factores del valor de pH y el tiempo de contacto, estudiándose cada uno de ellos y la interacción entre ambos.

Bibliografía/Referencias

- Box, G. E., Hunter, W. G. y Hunter, W. G. (2008). *Estadística para investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento*. (2a ed.). Barcelona: Reverté.
- Kuehl, R. O. (2001). *Diseño de experimentos: Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*". (2a ed.). Ciudad de México: Thomson Learnign.
- Rubio-Campos, B. E. Gamiño, Z. y Méndez, P. A. (2022). Remoción de Cromo VI de soluciones acuosas empleando biomasa de residuo de café. *Jóvenes en la Ciencia*, 16, 1-8.
- Rubio-Campos, N. Y. (noviembre de 2021). *Estudio de recuperación de cobre a partir de residuos electrónicos*, Tesis de maestría. Guanajuato.