



Estrategia didáctica para la comprensión del proceso de adsorción de Ni²⁺ en solución acuosa sobre xerogeles de carbón

L. Gómez Castillo^a, D. Herrera Soto^b

^a Universidad Pedagógica Nacional (Colombia) y dirección postal del autor

^b Universidad Pedagógica Nacional (Colombia) y dirección postal del autor

ARTICLE INFO

Received: 28 November 2013

Accepted: 17 July 2014

Keywords:

Educación universitaria.
Estrategia didáctica.
Enseñanza para la comprensión.

E-mail addresses:

llgc-92@hotmail.com
diego-alejandro-herrera@hotmail.com

ISSN 2007-9842

© 2014 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

This article proposes the microcurricular design of a didactic strategy for teaching the process of adsorption of nickel in aqueous solution on carbon xerogels, based on the framework of the Teaching for Understanding (TfU), on students of seventh semester degree in Chemistry at the Universidad Pedagógica Nacional. The teaching strategy has a understanding performances related to the understanding goals and dimensions of the TfU and ongoing assessment of rubric type that allow continuous monitoring in the progression of understanding of the adsorption process. The project contributes first to the issue of higher education in science, should facilitate the acquisition of knowledge of scientific nature, you also should facilitate understanding of the complexity of reality, in order to acquire skills that enable them the student to understand everyday phenomena. However Salgado, E. (2012) highlights that in various international forums on higher education has emphasized training that goes beyond traditional teaching models based on transmission-accumulation of knowledge existing in most education systems. Likewise worth mentioning that the implementation of the teaching framework of TfU in higher education, is an innovative alternative methodology that enables the development of performance that allow the understanding of different topics covered in a particular discipline. However, research on the application of the TfU in higher education are not abundant, since the model was initially designed for primary and secondary education. Finally, emerging technologies, such as the synthesis of porous carbon materials should be moved to the educational environment in order to promote the establishment of meaningful relationships between scientific and technological aspects and its social and environmental implications; which implies that, during the formation of professional education in chemistry teaching strategies that promote understanding of these technologies and all concepts that frame are implemented, as in this case the synthesis, characterization and application of carbon xerogels in the removal of nickel, in order to instill in students a critical and reflective face of these new technologies for the remediation of different land systems approach.

El presente artículo tiene como objetivo principal el diseño microcurricular de una estrategia didáctica para la enseñanza del proceso de adsorción de níquel en solución acuosa sobre xerogeles de carbón, fundamentada en el marco didáctico de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), en estudiantes de séptimo semestre de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. La estrategia didáctica, cuenta con una serie de desempeños relacionados con las metas y dimensiones de la EpC y hetero, auto y coevaluaciones tipo rúbrica que permiten hacer un seguimiento continuo en la progresión de la comprensión del proceso de adsorción. El proyecto contribuye en primer lugar, a la cuestión de que la educación superior en ciencias, debe facilitar la apropiación de conocimientos de índole científico, así mismo debe propiciar la comprensión de la complejidad de la realidad, con el objetivo de adquirir habilidades que le permitan al estudiante comprender fenómenos cotidianos. Sin embargo Salgado, E. (2012) resalta que, en diferentes foros internacionales sobre educación superior se ha insistido en una formación que supere los modelos tradicionales de enseñanza basados en la transmisión-acumulación de conocimientos vigentes en la mayoría de los sistemas educativos.

Del mismo modo cabe mencionar que, la implementación del marco didáctico de la EpC en educación superior, constituye una alternativa metodológica innovadora que posibilita el

desarrollo de desempeños que permiten la comprensión de diferentes tópicos tratados en una disciplina particular. No obstante, las investigaciones en torno a la aplicación de la EpC en la educación superior no son abundantes, ya que el modelo fue inicialmente diseñado para la enseñanza primaria y secundaria. Finalmente, las tecnologías emergentes, como lo es la síntesis de materiales carbonosos porosos debe trasladarse al ambiente educativo con el fin de fomentar el establecimiento de relaciones significativas entre los aspectos científico-tecnológicos y sus implicaciones sociales y ambientales; lo cual implica que, durante la formación de profesionales de la educación en química se implementen estrategias didácticas que favorezcan la comprensión de dichas tecnologías y de todos los conceptos que las enmarcan, como es en este caso la síntesis, caracterización y aplicación de xerogeles de carbón en la remoción de níquel, con el propósito de generar en los estudiantes una postura crítica y reflexiva frente a estas nuevas tecnologías para la remediación de los diferentes sistemas terrestres.

I. INTRODUCCIÓN

Gardner (1999) citado en: Salgado, E. (2012) ha enfatizado en la importancia de desarrollar una mente disciplinada, es decir, una comprensión de las formas de pensamiento humano indispensables para ejercer una ciudadanía responsable, crítica y fundamentada, como las ciencias, las artes y la ética. Afirma Gardner que, habiendo evaluado la comprensión de estudiantes universitarios que habían obtenido grados avanzados, como maestrías y doctorados, en prestigiosas universidades de su país, se encontró con que muchos de ellos no lograban superar las explicaciones que personas sin tal formación darían de los fenómenos que se estudian en sus carreras.

Así pues, la implementación del marco didáctico de la Enseñanza para la Comprensión (EpC) en la educación superior, constituye como una alternativa metodológica innovadora que posibilita el desarrollo de desempeños que permiten la comprensión de diferentes tópicos tratados en una disciplina particular. Salgado E, (2012) menciona que el marco didáctico de la EpC ha sido ampliamente empleado en la educación básica y secundaria, ya que, desde sus inicios, en 1988, Perkins, Gardner y Perrone orientaron esta metodología a dichos niveles educativos; igualmente, Stone y Blythe, integrantes del proyecto Zero, construyeron textos y guías para la implementación en educación primaria y media. No obstante, las investigaciones en torno a la aplicación de la EpC en la educación superior no son abundantes.

Las búsquedas en bases de datos, como EBSCO, ProQuest, ERIC, así como Google Scholar, Scopus e índices de revistas académicas internacionales, dan como resultado numerosas referencias sobre el modelo EpC, generalmente referidas a su implementación en centros educativos primarios o secundarios.

No obstante, existen algunos antecedentes que han incorporado la EpC a nivel universitario, como en el caso del proyecto de grado desarrollado en la Universidad Pedagógica Nacional por García, J. (2013) denominado: “Estrategia de enseñanza para la comprensión del proceso de adsorción sobre carbón activado, en el marco conceptual de la enseñanza para la comprensión (EpC)”, en dicho trabajo se diseñó una estrategia de enseñanza basada en el modelo de EpC para la comprensión del tópico generativo adsorción, y se evaluó los alcances de la estrategia de enseñanza centrada en la comprensión en la institución educativa Champagnat; igualmente se analizó la influencia de la fuerza iónica en el proceso de adsorción de compuestos tóxicos.

También se resalta el trabajo desarrollado en la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT) de San José, Costa Rica por Salgado, E. (2012) que se titula “Enseñanza para la comprensión en la educación superior: la experiencia de una universidad costarricense”, dicho trabajo desarrolló la adaptación del modelo de la EpC al enfoque curricular de la universidad, generando prácticas innovadoras con respecto a cada componente del modelo; así mismo se realizó una sensibilización de la EpC con la comunidad educativa y una capacitación al personal docente (80 docentes) de diferentes carreras, cuyo objetivo final fue la elaboración de un espacio académico desde el modelo mencionado.

Finalmente, se menciona el trabajo desarrollado en la Universidad Nacional de La Plata, Argentina por Jubert, A., Pogliani, C., Tocci, A., Vallejo, A. (2011) que se denomina: “Enseñanza para la comprensión en un curso de química a distancia de nivel básico universitario. El blog como herramienta de trabajo”, en este artículo se diseñó una secuencia didáctica basada en los elementos de la EpC y se complementó con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) con el empleo de un blog. Dicha investigación, tomó como hilo conductor las “energías

alternativas” y como tópico generativo el concepto de reacción química, inicialmente se plantearon preguntas alrededor del tópico; el trabajo se apoyó con un foro tutorial on-line y en las respuestas de las preguntas se visualizó el avance en el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes.

Estos trabajos de investigación constituyeron el referente en el proceso del diseño de los desempeños e instrumentos de evaluación diagnóstica continua planteada en el marco didáctico de la EpC, con el fin de favorecer la comprensión del proceso de adsorción de níquel en solución acuosa sobre xerogeles de carbón.

II. MARCO DE REFERENCIA

La cuestión en torno a qué es lo que los estudiantes deben comprender en realidad ha sido el punto de partida de diversas investigaciones en la enseñanza de las ciencias, dicha comprensión puede construirse de diferentes formas y contempla el hecho de que no todos aprenden del mismo modo, ni que una sola persona aprende todas las cosas con un determinado proceso y que por tanto, comprender no es sólo tener conocimientos, sino la habilidad de utilizar ese conocimiento en forma activa y en diferentes contextos. Cuando se comprende realmente algo, el sujeto tiene la posibilidad de producir, representar o hacer múltiples usos e interpretaciones de lo que comprende al mismo tiempo que recibe retroalimentación constructiva para hacer más fructífero el proceso de comprensión (Mejía, C. 2011).

El marco didáctico de la EpC se desarrolló en la Universidad de Harvard por un grupo de investigadores del Proyecto Zero El trabajo fue el producto de un proyecto colaborativo entre investigadores y docentes que tomó bases teóricas desarrolladas por investigadores del mismo Proyecto como David Perkins, Howard Gardner, Vito Perrone, entre otros. Este marco conceptual brinda una propuesta de diseño para el trabajo en el aula y en las escuelas que, si bien propone un modelo de planificación, encierra en él una lógica de concepción acerca de la enseñanza, el aprendizaje y una postura ética sobre la certeza de que todos son capaces de comprender y que, además, se puede ayudar a que esto sea posible a través de una enseñanza pertinente (Pogré, 2001).

II.1 Elementos de la Enseñanza para la Comprensión

Según, Stone, M. (1999) Una pedagogía de la comprensión necesita más que una idea acerca de la naturaleza de la comprensión y su desarrollo. Un marco conceptual guía debe abordar cuatro preguntas clave, que son respondidas con la estructuración de un elemento particular dentro del modelo:

1. ¿Qué tópicos vale la pena comprender?, para este caso se tienen los tópicos generativos, son temas que pueden suscitar interés tanto en los estudiantes como en el docente, deben permitir la interconexión de múltiples saberes o disciplinas, así como deben tener implicaciones sociales, culturales, políticas, económicas o ambientales, su selección debe tener en cuenta las preferencias de los estudiantes y suelen estar relacionados con temáticas o tópicos anteriores.
2. ¿Qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos?, debido a las características que deben presentar los tópicos generativos, a partir de estos pueden desarrollarse diferentes comprensiones, es por ello que dicha comprensión debe delimitarse a través de metas de comprensión que definen claramente, las ideas, procesos, reflexiones, conceptos que estudiantes comprenderán a lo largo de la estrategia. Deben ser metas explícitas y sometidas a discusión por parte de todos los miembros de la clase.
3. ¿Cómo podemos promover la comprensión? A partir de esta pregunta y de la concepción de la comprensión como un desempeño y no como un estado mental (Stone, M. 1999) surge el elemento de desempeños de comprensión, como actividades claramente organizadas que fomentan la comprensión con respecto a las metas y al tópico, posibilitan de diversas maneras que el estudiante use todo lo que ha aprendido y lo aplique de maneras diferentes. Existen tres categorías progresivas de estos desempeños, en primer lugar, se tienen los desempeños iniciales o de exploración, donde el estudiante se involucra con el tópico y establece relaciones entre este y sus intereses; por otro lado, están los desempeños de investigación guiada que fortalecen la comprensión del tópico y las metas con el establecimiento de actividades que permitan la investigación, la argumentación y el debate; finalmente, se

estructuran los desempeños finales de síntesis, se definen como un proyecto final de la estrategia, secuencia o unidad en el cual los estudiantes demuestran la comprensión y el dominio que tienen de las metas y el tópico generativo.

4. ¿Cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos? Sin lugar a dudas, la evaluación es un elemento imprescindible en el acto educativo, en este sentido la EpC plantea la necesidad de una evaluación diagnóstica y continua cuyos criterios sean explícitos, públicos y sometidos a debate, que permita saber que comprenden y que no comprenden los estudiantes, que posibilite la reorientación de la estrategia en cualquiera de sus fases, que involucre diversos procesos evaluativos, que permita a los actores en el aula ejercer ese dichos procesos a través de hetero, auto y coevaluación.

II.2 Dimensiones de la Enseñanza para la Comprensión

Así como existen cuatro elementos que le otorgan una estructura organizada al marco de la EpC, también existen cuatro dimensiones que delimitan el alcance de la comprensión en cualquier disciplina: contenido, métodos, propósitos y formas de comunicación (Stone, M. 1999).

En la dimensión de contenido, se contemplan las versiones intuitivas de los estudiantes con respecto al tópico de trabajo y por tanto el objetivo de esta dimensión es fomentar lo que denominó Mejía, C (2011) como creencias intuitivas transformadas, es decir, mediante componentes de contenido en la estrategia se pretende refinar o transformar estas explicaciones intuitivas en comprensiones profundas.

A partir de la dimensión de los métodos, se debe llevar al estudiante a reflexionar acerca de cómo saber que lo que se aprende es verdadero, ya que los métodos y los criterios de validación de las diferentes disciplinas se han debatido y se debaten actual y públicamente, permitiendo que la comprensión que se construye vaya más allá del sentido común; esta dimensión posibilita que los estudiantes usen críticamente estrategias y técnicas de la disciplina para construir su comprensión.

La dimensión de propósitos, se fundamenta en concebir el conocimiento como una herramienta que sirve para explicar, reinterpretar, operar y reflexionar acerca de la realidad que cada uno interpreta, a partir de esta dimensión los estudiantes conectan lo que comprenden con su contexto, al mismo tiempo que generan una posición personal sobre lo que aprenden.

Por su parte, la dimensión de formas de comunicación, contempla y evalúa el uso de los sistemas simbólicos por parte de los estudiantes, para expresar efectivamente lo que comprenden o no.

II.3 Niveles de la Enseñanza para la Comprensión

En el marco de la enseñanza para la comprensión se plantea que, durante el desarrollo de este modelo algunas dimensiones pueden desarrollarse más que otras en un mismo sujeto o en sujetos diferentes, dicha variabilidad generó la necesidad de establecer niveles de comprensión por dimensión, los niveles son: ingenuo, de novato, de aprendiz y de maestría, cada uno de estos se caracterizan en la Figura 1.

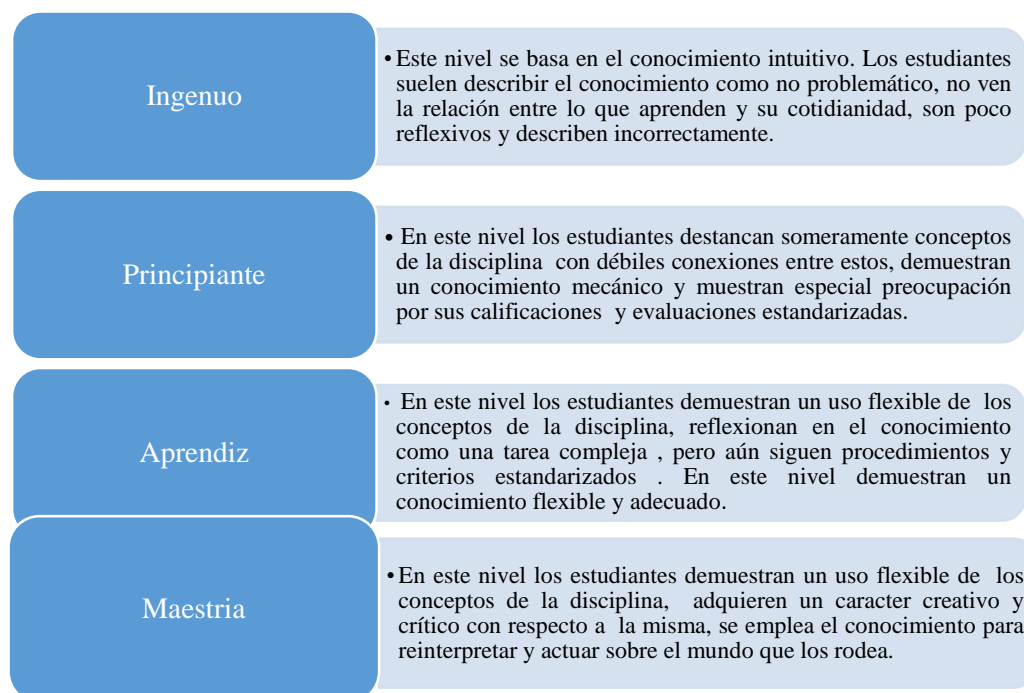


FIGURA 1: Se describen las características de cada nivel de comprensión en el marco de la EpC. Adaptado de Mejía, C (2011).

III. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA FUNDAMENTADA EN EL MARCO DE LA EpC

Contemplando todos los elementos, dimensiones y niveles del marco didáctico de la enseñanza para la comprensión, se diseña la estrategia didáctica, esto se realizó teniendo en cuenta el método de “torbellino de ideas”, este constituye una herramienta fundamental de la EpC que orienta el diseño metodológico (García, 2012) y a partir de la cual se contemplan los intereses de los estudiantes a través de una red de ideas que, posteriormente se organiza teniendo en cuenta los elementos que estructuran el marco de la EpC.

III.1 Tópico Generativo

La temática generativa seleccionada para esta estrategia es la adsorción, al respecto de la cual es importante mencionar que es un fenómeno fisicoquímico que, por un lado tiene carácter superficial y por otro efectúa una operación de separación de dos componentes, uno adsorbible (que al ser retenido pasa a llamarse adsorbato) sobre un adsorbente.

Teniendo en cuenta que, es un fenómeno superficial, según Mestanza, M (2012) implica que debe existir a lo largo del proceso un aumento de la concentración del adsorbato sobre la superficie del sólido adsorbente.

Este fenómeno, se conoce desde 1773, cuando C.W Scheele, observó que el carbón de madera era capaz de retener varias veces su volumen de aire y cerca de 1785 se inician los estudios de adsorción en fase líquida con las contribuciones de T. Lowitz, quien evidenció que el carbón podía decolorar sustancias líquidas (Tubert *et al.*, 1997). De esta manera, con su continuo desarrollo, la adsorción, actualmente es un proceso de gran importancia a nivel industrial, biológico y cotidiano. Así pues, existen numerosas investigaciones sobre adsorción de contaminantes prioritarios como el fenol o diferentes metales pesados en fuentes acuosas; a nivel biológico, en Atkins *et al.*, 1991, se tiene que el primer paso en el proceso de catálisis enzimática es la adsorción del sustrato sobre la superficie de la enzima que se encuentra en suspensión coloidal; con respecto a situaciones de índole cotidiana, cabe resaltar que las mascarillas antigases empleadas en diferentes contextos, emplean un filtro adsorbente que retiene las partículas de gas irritante o nocivo (Tubert, *et al.*, 1997).

Es debido a tan diversas implicaciones ambientales y cotidianas que tiene el proceso de la adsorción; a su conexión con la disciplina química y la disciplina física que se selecciona como el tópico generativo para esta estrategia didáctica.

III.2 Metas de Comprensión

Teniendo en cuenta que, a partir del fenómeno de la adsorción se pueden desarrollar múltiples comprensiones alrededor de todos los conceptos asociados a este, todos los procesos que involucra, todos los medios en los cuales se desarrolla y todas las implicaciones ambientales que tiene, se delimitan las siguientes metas de comprensión:

- ¿Qué es la adsorción?

“Los estudiantes comprenderán el proceso de adsorción, los tipos de adsorción, las variables que lo modifican y su relación con los xerogeles de carbón”

- ¿Cuáles son las características de los xerogeles de carbón?

“Los estudiantes se aproximarán al proceso de síntesis y a partir de ello las características de los xerogeles de carbón”

- ¿Por qué el proceso de adsorción sobre xerogeles de carbón es una alternativa sostenible en la remediación de los sistemas acuosos?

“Los estudiantes comprenderán la importancia de la adsorción como alternativa para la descontaminación de los sistemas acuosos”

La construcción de estas metas, por un lado promueve la comprensión de los conceptos asociados al proceso de la adsorción y la implicación ambiental de este y por otro lado, vincula la adsorción a un sólido poroso carbonoso y sintético que actualmente tiene gran cantidad de aplicaciones no solo como potencial adsorbente sino como superconductor, soporte catalítico y aislante térmico, teniendo en cuenta también que su producción es económica y sencilla.

III.3 Desempeños de Comprensión

TABLA I: Diseño de la estrategia didáctica fundamentada en la EpC.

Tipo de desempeño	Desempeño	Dimensión	Meta de comprensión	Elementos para realizar la Evaluación Diagnóstica Continua.
Desempeños Preliminares	a) De forma individual los estudiantes desarrollan un instrumento diagnóstico (Ver Anexo N°1) diseñado para esta estrategia, teniendo como punto de partida cuánto saben sobre el tópico generativo de adsorción.	-Contenidos -Métodos -Propósitos -Formas de Comunicación	N°1,2,3	Para evaluar el desarrollo del instrumento, los docentes explicitan los parámetros de la actividad. Se motiva a los estudiantes a ser honestos con respecto a lo que conocen y desconocen. Durante el trabajo en grupo, los docentes motivan a los estudiantes a realizar una lectura detallada y a debatir abiertamente.
	b) En grupos, los estudiantes socializan una lectura denominada: <i>La alternativa de la adsorción: Aplicaciones e Implicaciones</i> , en donde se presentan diferentes explicaciones sobre el proceso de adsorción, su importancia, ventajas, aplicaciones industriales e importancia ambiental, posteriormente los estudiantes responderán oralmente a las preguntas orientadoras y expresarán su	-Contenidos -Propósitos	N°1	En la presentación oral de las preguntas orientadoras, los miembros de la clase realizan un ejercicio de evaluación teniendo en cuenta los parámetros dados en la rúbrica de hetero y co-evaluación (Ver anexo N° 3). Cada estudiante realiza su autoevaluación en la actividad, teniendo en cuenta los parámetros dados en la rúbrica (Ver anexo N°4)

	posición personal con respecto a la situación allí tratada. (Ver anexo N°2)			
Desempeños de investigación guiada	<p>c) Club de Revista inicial en grupos los estudiantes previamente a la sesión consultan un artículo científico de revista especializada en donde se exponga un caso de remoción de contaminantes (cualquier tipo) por medio de sólidos porosos. Cada grupo expone las ideas principales del artículo y se debaten las preguntas orientadoras preparadas para la sesión (Ver Anexo N°5)</p> <p>d) Individualmente los estudiantes estudiarán una guía de estudio (Ver Anexo N°6) donde se incluye la temática de química de superficies y se aclaran los conceptos de: interfase, adsorción, adsorbente, adsorbato, quimisorción, fisisorción, variables que afectan el proceso e isothermas de adsorción.</p> <p>En una página web, se organizará el contenido de la guía de estudio de forma más amplia incluyendo videos e imágenes de apoyo; además se incluye un quiz virtual en el que se debe dar respuesta a una pregunta problema.</p>	<p>-Contenidos -Propósitos -Métodos -Formas de Comunicación</p>	<p>N°1</p> <p>N°1</p>	<p>En el desarrollo del club de revista, los miembros de la clase realizan evaluación de la actividad teniendo en cuenta los parámetros dados en la rúbrica de hetero y co-evaluación (Ver anexo N°3)</p> <p>Durante el trabajo individual los docentes incentivan a los estudiantes a consultar más sobre las temáticas expuestas en la guía de estudio.</p> <p>Los docentes evalúan el desempeño en el quiz virtual.</p>
	<p>e) Se realiza una intervención didáctica a cargo de los docentes investigadores sobre el proceso de síntesis y caracterización de los xerogeles, así como su relación con el proceso de adsorción (soportado en videos insitu de la experimentación).</p> <p>f) A partir de la anterior contextualización a los estudiantes se les entregará por grupos una guía</p>	<p>-Contenidos -Métodos -Propósitos -Formas de Comunicación</p>	<p>N°1, 2 y 3</p>	<p>Cada grupo en compañía de los docentes recibe retroalimentación del proceso de su trabajo, se realiza el proceso de heteroevaluación según el formato propuesto a (Ver Anexo N°8)</p> <p>Cada estudiante evalúa su trabajo en grupo según el formato propuesto. (Ver Anexo N°4)</p>

	experimental (Anexo N°7) denominada: <i>Remoción de Ni²⁺ en solución acuosa con diferentes muestras de xerogeles</i> . Los estudiantes tendrán que completar con base en sus hipótesis, resultados y análisis el formato dado. Al finalizar la práctica experimental, todos los grupos compartirán sus resultados y complementarán sus formatos para finalmente reportar sus datos y análisis a modo de artículo científico (Criterios establecidos en el Anexo N°7).			
Desempeños finales de síntesis	g) Club de revista final: Por grupos, los estudiantes realizan la presentación y debate (cuyos criterios son especificados en el Anexo N°8) del artículo científico que construyeron y donde basados en los desempeños anteriores den respuesta a la pregunta propuesta para la meta de comprensión N°3, generando explicaciones basadas en el conocimiento disciplinar, así como en los resultados obtenidos en la práctica y construyendo una posición propia respecto al tema. Finalización de la estrategia didáctica, sugerencias y recomendaciones.	-Contenidos -Propósitos -Formas de Comunicación	N°1, 2 y 3	Los docentes evalúan el proceso de cada grupo, según el formato y los criterios presentados en el anexo N°3. Cada grupo coevalúa a sus compañeros, según el formato y los criterios presentados en el anexo N°3. Cada estudiante evalúa su trabajo en grupo según el formato propuesto en el anexo N°4.

IV RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Para la efectiva estructuración de una estrategia fundamentada en la enseñanza para la comprensión y para que esta sea más allá de un marco organizativo eficaz para la enseñanza de algún tópico, es de resaltar que los desempeños diseñados y seleccionados para promover la comprensión deben ser diversos, cada uno debe estar relacionado con alguna o todas las metas de comprensión de la estrategia, así como cada uno debe posibilitar el desarrollo de una o más dimensiones de comprensión, del mismo modo en la implementación de la estrategia y empleando los elementos de la evaluación diagnóstica continua, el docente debe estar en disposición de establecer un diálogo constructivo que permita la reorientación de la estrategia teniendo en cuenta los intereses y habilidades de los estudiantes, razón por la cual, la estrategia aquí propuesta no es más que un modelo que puede ser implementado y modificado según las necesidades del contexto.

La estrategia didáctica cuenta con actividades que promueven el interés y suscitan la necesidad de los estudiantes por conocer más acerca del tópico generativo; también incluye actividades que, como en el caso de los clubes de revista, permiten interactuar y discutir el tópico generativo a partir de los avances que ha generado en los últimos años y que se encuentran registrados en las revistas indexadas, también según Dadabhai, *et al.* (2005) permiten difundir la información

científica, estimulan la lectura y generan nuevas ideas de investigación. De otra parte, también se incluye una actividad experimental que permite ver y analizar el efecto e importancia de los xerogeles en la adsorción de cationes metálicos como el ión níqueloso, en este sentido, las actividades experimentales permiten correlacionar y considerar los aspectos conceptuales con los prácticos a través de la generación de hipótesis, el análisis y procesamiento de datos y la producción de conclusiones.

Esta propuesta pretende articular un proceso y una tecnología emergente (Adsorción sobre Xerogeles de carbón) a la enseñanza de las ciencias, esto es particularmente importante, ya que la interacción entre la ciencia y la tecnología y su vinculación con el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula posibilita la formación de ciudadanos responsables de los avances tanto tecnológicos como científicos y su impacto a nivel social y ambiental.

Es necesario que la EpC sea inicialmente comprendida y empleada en el marco de las clases de ciencias no como una secuencia recetario de pasos, sino como una propuesta innovadora que posibilita la motivación de los estudiantes por las ciencias y por las habilidades intrínsecas en la misma como la investigación, el debate y el trabajo en equipo (Gómez, L., Suarez, J. 2013)

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al MSc. Diego Alexander Blanco Martínez y al Dr. Juan Carlos Moreno Piraján Ph. D, director y codirector respectivamente de este trabajo. Se agradece al grupo de investigación en sólidos porosos y calorimetría de la Universidad de Los Andes por el apoyo otorgado para la síntesis y caracterización de los Xerogeles de Carbón. Se agradece a la Universidad Pedagógica Nacional por el apoyo en la divulgación de este trabajo.

REFERENCIAS

Dadbbhai, S. & Lowther, S. (2005) *Journal Club. Tips for presents. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health Department of Epidemiology*. Recuperado de: <https://dianacuesta.files.wordpress.com/2009/07/tips-presentar-club-de-revista.pdf>. Consultado el 28 de agosto de 2014.

García, J. (2013). *Estrategia de enseñanza para la comprensión del proceso de adsorción sobre carbón activado, en el marco conceptual de la enseñanza para la comprensión (EpC)*. Tesis Inédita de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Mejía, C. (2011). *El marco de la enseñanza para la comprensión aplicado al aprendizaje del concepto de campo eléctrico en estudiantes de ingeniería de sistemas*. Tesis de Magíster en Educación, Universidad Nacional. pp. 15-34.

Mestanza, M. (2012). *Estudio de materiales adsorbentes para el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes*. Tesis Doctor en Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid.

Pogré, P. (2001). Enseñanza para la comprensión, un marco para innovar en la intervención didáctica. En: *Escuelas del futuro II. Cómo planifican las escuelas que innovan*. Argentina: Papers.

Salgado, E. (2012). Enseñanza para la comprensión en la educación superior: la experiencia de una universidad costarricense. *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, 3(8). Recuperado de: http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/157/html_32. Consultado: 16 de abril de 2014.

Stone, M. (1999). *La enseñanza para la comprensión: Vinculación entre la investigación y la práctica*. Buenos Aires-Argentina: Paidós.

Tubert, I. & Talanquer, V. (1997) Para saber, experimentar y simular: Sobre Adsorción. *Revista de Educación química*.

Cortés, J., Giraldo, L., García, A., García, C., Moreno, J. (2008). Oxidación de un carbón activado comercial y caracterización del contenido de grupos ácidos superficiales. *Revista Colombiana de Química*, 37(1). Universidad Nacional. Bogotá.

IUPAC. (2001). *Manual of symbols and terminology for physicochemical quantities and units. Appendix II: Definition, terminology and symbols in colloid and Surface chemistry*. Recuperado de: <http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/1976/pdf/4601x0071.pdf>. Consultado el 30 de agosto de 2014.

Leyva, R. (2007). Importancia y aplicaciones de la adsorción en fase líquida. En: Moreno-Piraján, J. *Sólidos porosos: Preparación, caracterización y aplicaciones*. Bogotá: Universidad de los Andes. Facultad de ciencias.

Martín, J. (1990). *Adsorción física de gases y vapores por carbones*. Universidad de Alicante. Recuperado de: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/4291/6/adsorcion_fisica_4.pdf. Consultado el 30 de agosto de 2014.

Yapu, W. (2008). Físicoquímica de superficies: la nueva ciencia. *Revistas bolivianas*. Recuperado de: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rcc/n1/a17.pdf>. Consultado el 30 de agosto de 2012.

ANEXOS

1)

*Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Instrumento Diagnóstico*

Investigadores: Diego Alejandro Herrera Soto – Lynda Lucía Gómez Castillo

Fecha: _____

Objetivo: *Caracterizar e indagar el nivel de comprensión de los estudiantes con respecto al tópico generativo por medio de una prueba diagnóstica.*

La información que usted sumistrará en esta prueba diagnóstica se empleará en el desarrollo del trabajo de grado titulado: “Estrategia didáctica para la comprensión del proceso de adsorción de níquel en solución acuosa sobre xerogeles de Carbón” Para ello, agradecemos contestar las siguientes preguntas relacionadas con el proceso de adsorción sobre xerogeles de carbón y sus implicaciones ambientales, de manera precisa y clara. Por favor, no utilizar ninguna ayuda virtual para su realización.

1. ¿Qué entiende por adsorción? ¿Cuál es la diferencia con respecto a la absorción?
2. ¿En qué cree que se diferencian la adsorción física y la adsorción química?
3. Las variables que afectan el proceso de adsorción son: las propiedades texturales del adsorbato, las propiedades físicas y químicas del adsorbato y del adsorbente, el pH y la cantidad de energía presente en el proceso. ¿Cómo modifican estas variables el proceso de adsorción?
4. De las actividades cotidianas que usted realiza, ¿Cuáles cree que implican el proceso de adsorción?
5. ¿Qué son los xerogeles de carbón y cuáles son sus beneficios a nivel ambiental?
6. Estructure un párrafo que forme una idea coherente, según su criterio, empleando los conceptos usados en la resolución de las anteriores preguntas.

2)

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química

Docentes Investigadores: Diego Alejandro Herrera Soto – Lynda Lucía Gómez Castillo

Sesión de lectura y debate

Objetivo: Estructurar e implementar actividades para fomentar la comprensión con respecto al tópico generativo de adsorción, en el marco didáctico de la Enseñanza para la Comprensión.

LA ALTERNATIVA DE LA ADSORCIÓN: APLICACIONES E IMPLICACIONES

La contaminación de fuentes hídricas se ha convertido en una situación altamente problemática en los últimos años, ya que el agua es un recurso imprescindible para la vida y el sostenimiento de todos los seres vivos del planeta tierra, además, su uso tiene importantes implicaciones en el desarrollo de diferentes actividades productivas como la agricultura, la ganadería, la industria, entre otras.

Paradójicamente, dichas actividades son las que más suministran contaminantes de diverso tipo a las fuentes de agua, entre estos contaminantes se encuentran:

Tabla I. Principales sustancias contaminantes en el agua. Adaptada de Echarri, L (1998).

Tipo	Ejemplos
Microorganismos Patógenos	Bacterias, virus y protozoos portadores de enfermedades como el cólera y el tifus.
Desechos Orgánicos	Producidos en la actividad ganadera o en diferentes actividades humanas (estiércol).
Compuestos Orgánicos	Producidos en la industria del petróleo, los plásticos, los plaguicidas y los detergentes.
Sedimentos	Materiales suspendidos de carácter diverso.
Sustancias Radiactivas	Como isótopos radiactivos solubles que se pueden ir acumulando a los largo de las cadenas tróficas.
Sustancias Químicas Inorgánicas	Como ácidos, sales e iones metálicos tóxicos como el Ni ²⁺ .

Este último, es amplia e indiscriminadamente vertido a los efluentes y es potencialmente peligroso para la salud humana y para la vida animal y vegetal en general, ya que es empleado en diversas industrias como: en la elaboración de pigmentos, la fabricación de aceros y los procesos de galvanoplastia. Sus efectos sobre la salud van desde fallas respiratorias, asma y bronquitis hasta posibilidades de desarrollar cáncer de pulmón, laringe y próstata; del mismo modo, el níquel en el ambiente disminuye significativamente el crecimiento de algas y plantas (ATSDR, 2005).

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario diseñar e implementar diferentes protocolos que controlen la presencia de este catión metálico en efluentes hídricos y para ello, ejecutar procesos de remoción del mismo. Sin embargo, la mayoría de estos poseen elevados costos o generan contaminantes secundarios durante su utilización (Araya, J., Recalde, P., 2006) como la precipitación química, la ósmosis inversa y la electrodeposición, cuyas principales características se resumen la siguiente tabla:

Tabla II. Características y desventajas de los métodos más comunes de remoción de contaminantes del agua.

Método	Características	Desventajas
Precipitación Química	Por acción de los reactivos apropiados las especies indeseadas en el agua forman compuestos insolubles.	Pueden quedar trazas de los reactivos empleados como el NaOH.
Ósmosis Inversa	Es el proceso contrario a la osmosis, se genera por medio de la aplicación de una alta presión al lado de la membrana con mayor concentración de sales e impurezas, para que el agua pase al otro lado de la membrana lo haga más descontaminada.	Equipos altamente costosos
Electrodeposición	Proceso electroquímico, que se basa en el paso de corriente eléctrica entre dos electrodos sumergidos en un electrolito (para este caso, agua). En uno de los dos electrodos, se deposita el metal a remover.	Exposición a sustancias altamente corrosivas

Por su parte la adsorción es una operación de separación, basada en un fenómeno de superficie generalmente rápido y reversible (Ayora, C. 2004) con gran capacidad de remoción, fácil de operar y mantener. Implica, que ciertos componentes de una fase fluida, generalmente los contaminantes, establezcan interacciones de tipo físico o químico con la superficie de un sólido, separándose así los contaminantes de la fase fluida.

Las aplicaciones de este proceso abarcan diversos campos: decoloración de aceites en la refinación; decoloración en la industria azucarera; eliminación del sulfuro de hidrógeno en el gas natural; eliminación de olores, impurezas y gases contaminantes del aire; potabilización del agua, en términos de eliminación de olores y exceso de desinfectantes; y tratamiento de aguas residuales, depurando directamente contaminantes como la materia orgánica, hidrocarburos, fenol, trihalometanos y la presencia de iones metálicos como el Ni^{2+} .

De este modo, la adsorción es una alternativa que en los últimos 30 años se ha usado extensa y exitosamente en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y de aguas potables, y es considerada la mejor tecnología disponible para eliminar compuestos recalcitrantes y tóxicos presentes en solución acuosa (Leyva, R. 2007).

Preguntas Orientadoras

¿Considera que es pertinente conocer el tipo, cantidades e implicaciones de los diferentes contaminantes que son vertidos al agua; además de la forma como se pueden remover? ¿Por qué?

En relación con la anterior pregunta, considera que la adsorción es una opción alternativa en la descontaminación de aguas? ¿Por qué?

Considerando las ventajas que tiene el empleo de la adsorción en la depuración de aguas y en otros procesos industriales y ambientales, conoce usted algún caso en donde se utilice este proceso? Descríbalo.

3)

FORMATO DE HETERO Y COEVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Grupo que evalúa:

Fecha: ___/___/___

CATEGORÍA	INDICADORES DE RENDIMIENTO			
	<i>MAESTRÍA 100-90 PUNTOS</i>	<i>APRENDIZ 89-80 PUNTOS</i>	<i>NOVATO 79-70 PUNTOS</i>	<i>INGENUO 69-20 PUNTOS</i>
SUSTENTACIÓN DE CADA UNA DE LAS PREGUNTAS ORIENTADORAS	Explicación acertada y clara basada en lo que expone la lectura y de lo que plantea la pregunta, se observa la capacidad de proponer y reflexionar sobre los conceptos tratados.	Explicación acertada y clara basada en lo que expone la lectura y de lo que plantea la pregunta, pero sin la capacidad de proponer y reflexionar sobre los conceptos tratados.	Explicación acertada, pero sin mucha claridad, basada en su mayoría en creencias, mas no de lo que expone la lectura y de lo que plantea la pregunta y sin la capacidad de proponer y reflexionar sobre los conceptos tratados.	Explicación desacertada, poco clara y basada en creencias, mas no de lo que expone la lectura y de lo que plantea la pregunta y sin la capacidad de proponer y reflexionar sobre los conceptos tratados.
USO DE LENGUAJE ADECUADO	Se emplea adecuadamente el lenguaje disciplinar propuesto en la lectura, por tanto en la respuesta planteada se evidencia dicho lenguaje; se emplean ejemplos contextualizados en la vida cotidiana.	Se emplea adecuadamente el lenguaje disciplinar propuesto en la lectura, por tanto en la respuesta planteada se evidencia dicho lenguaje; se emplean ejemplos pero están descontextualizados de la vida cotidiana.	No se emplea adecuadamente el lenguaje disciplinar propuesto en la lectura, por tanto en la respuesta planteada no se evidencia dicho lenguaje; se emplean ejemplos pero están descontextualizados en la vida cotidiana.	No se emplea adecuadamente el lenguaje disciplinar propuesto en la lectura, por tanto en la respuesta planteada no se evidencia dicho lenguaje. No se emplean ejemplos ni se relaciona con la vida cotidiana.
POSICIÓN PERSONAL	Exposición clara de la posición personal con respecto a la temática; hay vinculación entre la posición y la explicación que se le dio a la pregunta propuesta; se evidencian otros tipos de asociaciones e interpretaciones con respecto a la posición asumida.	Exposición clara de la posición personal con respecto a la temática; hay vinculación entre la posición y la explicación que se le dio a la pregunta propuesta; no se evidencian otro tipo de asociaciones e interpretaciones con respecto a la posición asumida.	Exposición poco clara de la posición personal con respecto a la temática; sin embargo, hay vinculación entre la posición y la explicación que se le dio a la pregunta propuesta; no se evidencian otro tipo de asociaciones e interpretaciones con respecto a la posición asumida.	Exposición poco clara de la posición personal con respecto a la temática; no hay vinculación entre la posición y la explicación que se le dio a la pregunta propuesta; no se evidencian otro tipo de asociaciones e interpretaciones con respecto a la posición asumida.
TRABAJO EN GRUPO	Se observa participación cohesionada de todos los estudiantes e interés de estos por responder la pregunta y por emitir su posición personal con respecto a la misma.	Se observa participación cohesionada de la mayoría de los estudiantes e interés de estos por responder la pregunta y por emitir su posición personal con respecto a la misma.	Se observa participación cohesionada de algunos de los estudiantes e interés de estos por responder la pregunta y por emitir su posición personal con respecto a la misma.	No se observa participación cohesionada e interés de los estudiantes por responder la pregunta ni por emitir su posición personal con respecto a la misma.

4)

FORMATO DE AUTO EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

Nombre: _____

CATEGORÍA	INDICADORES DE RENDIMIENTO			
	<i>MAESTRÍA</i> 100-90 PUNTOS	<i>APRENDIZ</i> 89-80 PUNTOS	<i>NOVATO</i> 79-70 PUNTOS	<i>INGENUO</i> 69-20 PUNTOS
CALIDAD DE LOS APORTES DE TIPO CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES EN EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	Genero diversos aportes adecuados que construyen el trabajo en términos conceptuales y procedimentales y expreso mi opinión acerca del tema.	Genero algunos aportes adecuados que construyen el trabajo en términos conceptuales y procedimentales y expreso mi opinión acerca del tema.	Genero algunos aportes para la construcción del trabajo, pero no son los más adecuados en términos conceptuales y procedimentales; sin embargo, expreso mi opinión acerca del tema.	No genero aportes adecuados que construyan el trabajo en términos conceptuales y procedimentales; tampoco expreso mi opinión acerca del tema
ACTITUD COLABORATIVA	Tuve actitud colaborativa en la actividad con todos mis compañeros, desarrollé y resolví problemas individual y colectivamente; presté suficiente atención a lo que decían mis compañeros.	Tuve actitud colaborativa en la actividad con todos mis compañeros, desarrollé y resolví problemas individualmente pero no los comuniqué efectivamente; sin embargo, presté suficiente atención a lo que decían mis compañeros.	Tuve actitud colaborativa en la actividad con algunos de mis compañeros, sin embargo, desarrollé y resolví problemas individualmente y no los comuniqué efectivamente; tampoco presté suficiente atención a lo que decían mis compañeros.	No tuve actitud colaborativa en la actividad, desarrollé y resolví problemas individualmente y no los comuniqué efectivamente; tampoco presté atención a lo que decían mis compañeros.

5)

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química

Docentes Investigadores: Diego Alejandro Herrera Soto – Lynda Lucía Gómez Castillo

Objetivo: Estructurar e implementar actividades para fomentar la comprensión con respecto al tópico generativo de adsorción, en el marco didáctico de la Enseñanza para la Comprensión.

Club de Revista Inicial

1. Insumos

- ✓ Un artículo científico de revista especializada donde se exponga un caso de remoción de contaminantes en agua (cualquier tipo) por medio de adsorción.
- ✓ Evidencia del estudio previo del artículo por cada uno de los miembros del grupo (Lista de ideas principales o resumen corto)

2. Orientaciones para el desarrollo de la actividad

- ✓ El grupo se ubicará en forma de mesa redonda y el debate se desarrollará por los grupos previamente conformados en la sesión anterior.
- ✓ Todos los estudiantes deberán participar activamente durante la actividad.
- ✓ Todos los estudiantes deben estar preparados para argumentar la temática tratada en el artículo seleccionado y para construir una opinión propia sobre las implicaciones y aportes del trabajo desarrollado en la investigación estudiada con respecto a la descontaminación del agua.

3. Preguntas Orientadoras

- ✓ *¿Qué importancia se le otorga al proceso de adsorción en el desarrollo del artículo?*
- ✓ *¿Qué tipo de contaminantes son removidos? ¿Cuál es su impacto en el ambiente?*
- ✓ *¿Qué tipo de sólido poroso es empleado para ejecutar el proceso de adsorción en el caso expuesto en el artículo?*
- ✓ *¿En el artículo se indica la modificación o funcionalización del sólido para que adsorba específicamente el contaminante señalado?*

6)

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química

Docentes Investigadores: Diego Alejandro Herrera Soto – Lynda Lucía Gómez Castillo

Objetivo: Estructurar e implementar actividades para fomentar la comprensión con respecto al tópico generativo de adsorción, en el marco didáctico de la Enseñanza para la Comprensión.

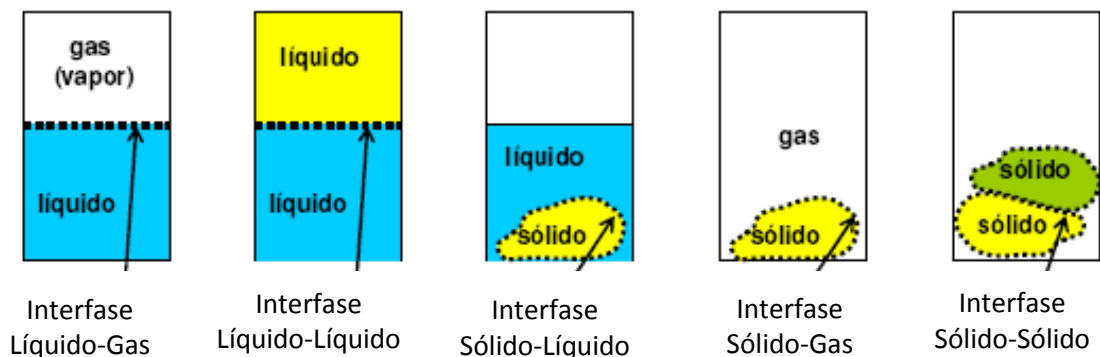
Guía de Estudio

Conceptos implicados en el fenómeno de adsorción

1. FISICOQUÍMICA DE LAS SUPERFICIES

La fisicoquímica de las superficies, estudia los fenómenos físicos y químicos que ocurren en las interfases (Yapu, W. 2008) de los sistemas heterogéneos, en donde las diferentes fases que los componen están en contacto; en medio de dicho contacto, en la frontera que las separa ocurren fenómenos como el que se presenta en un proceso de adsorción. El límite entre las dos fases de un sistema heterogéneo se le denomina interfase. Estas, son generalmente clasificadas según el estado de agregación de las fases que componen el sistema, es decir existen interfaces líquido-vapor, líquido-líquido, líquido-sólido, sólido-gas y sólido-sólido.

FIGURA 1. Interfases comunes de los sistemas fisicoquímicos heterogéneos.



2. ADSORCIÓN

Según Leyva, R (2007, pág 155) “la adsorción es un fenómeno superficial que involucra la acumulación de una sustancia en una superficie o interfase” correspondiente al sólido poroso **adsorbente**; por su parte la sustancia, compuesto, ión o especie que se acumula, se separa o se adsorbe se conoce como **adsorbato**.

En el caso particular de esta investigación (adsorción de níquel en solución acuosa) se tiene un sistema líquido-sólido en donde el fenómeno de la adsorción, es posible debido a las fuerzas intermoleculares desequilibradas que presenta la superficie de un sólido con alta porosidad que atraen o repelen las moléculas que se encuentran en la fase líquida. De esta forma, las moléculas que tienen afinidad por el sólido se acumulan en la superficie de este, separándose así de la fase líquida.

3. TIPOS DE ADSORCIÓN

El proceso de adsorción se clasifica según el tipo de interacción entre el adsorbato y el adsorbente en:

TABLA 1. Características principales de cada tipo de adsorción.

ADSORCIÓN FÍSICA O FISISORCIÓN	ADSORCIÓN QUÍMICA O QUIMISORCIÓN
Reversible	Irreversible
Se establecen interacciones moleculares débiles (de tipo van der Waals) entre la estructura química de la superficie del sólido y las moléculas que se adsorben.	Se establecen interacciones químicas, es decir, ocurre una reacción química entre la estructura química de la superficie del adsorbente y las moléculas del adsorbato.
Las moléculas no se adsorben en un sitio específico, es decir, se mueven libremente en la estructura del sólido.	Las moléculas se adsorben en un sitio específico.
Ocurre a bajas temperaturas.	Ocurre a altas temperaturas (>200°C)
Exotérmico	Endotérmico
La especie (compuesto, ión, molécula) adsorbida conserva su identidad química	La especie (compuesto, ión, molécula) adsorbida no conserva su identidad química.
Fenómeno de multicapa	Fenómeno de monocapa

2. FACTORES O VARIABLES QUE AFECTAN EL PROCESO DE ADSORCIÓN

Los principales factores que afectan la adsorción en fase líquida se dividen en: las propiedades del adsorbente, las características físicas y químicas del adsorbato y las características de la fase líquida.

2.1 Las propiedades del adsorbente

El adsorbente, es un sólido con propiedades texturales particulares que son las que modifican el proceso de adsorción que se lleve a cabo, entre estas propiedades se encuentran:

- Área Específica: Es el área total disponible para la adsorción, razón por la cual el grado de adsorción de un sólido es proporcional a su área específica, esta aumenta cuanto más finamente dividido y poroso sea el material.
- Volumen, diámetro y distribución de los poros.

La porosidad de los materiales adsorbentes se clasifica según sugerido por la IUPAC (2001), en tres grupos:

- Microporos: con diámetros inferiores a 2nm
- Mesoporos: con diámetros entre 2 y 50nm
- Macroporos: con diámetros superiores a 50nm

Los microporos tienen un tamaño adecuado para retener moléculas pequeñas que aproximadamente corresponden a compuestos más volátiles que el agua, tales como olores, sabores y muchos solventes. Los macroporos atrapan moléculas grandes, tales como las que son cloradas o las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) que se generan al descomponerse la materia orgánica. Los mesoporos son los apropiados para moléculas intermedias entre las anteriores, como por ejemplo el catión metálico níqueloso (Ni^{2+}).

Por otro lado, el adsorbente posee propiedades fisicoquímicas que también generan modificaciones en un proceso de adsorción, entre ellas se tiene:

- **Carga de la superficie:** Los grupos funcionales (Ver Figura 1), presentes en la superficie del sólido poroso pueden presentar diferente carga (catiónica o aniónica) con respecto al pH de la solución en la que se encuentren, esto es

importante, según Leyva, R (2007, pp: 160) ya que ayuda a explicar la adsorción de iones y a elucidar el mecanismo de adsorción.

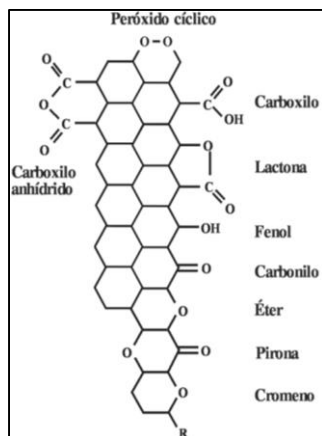


FIGURA 2. Posibles grupos funcionales presentes en la superficie de sólidos porosos. Tomada de: (Cortés, J. et al. 2008)

- **Sitios activos:** Dependiendo del tipo de grupos funcionales presentes en la superficie, los sitios activos se dividen en sitios ácidos para aquellos grupos funcionales que ceden protones y en sitios básicos para aquellos que aceptan protones.

Para un sitio activo ácido, que dona protones como en el caso del grupo carboxílico, y que le imparte una carga negativa a la superficie del adsorbente, permite que se adsorban especies de carga positiva como los cationes.

Por esta razón, sólidos que contengan sitios ácidos activos son excelentes adsorbentes de cationes metálicos como el ión níqueloso. (Leyva, R. 2007)

2.2 Las características químicas y físicas del adsorbato

La sustancia que requiere ser retenida en el sólido poroso adsorbente también tiene propiedades que pueden alterar el proceso de adsorción, tales como:

- Tamaño y polaridad de la molécula
- Solubilidad
- Concentración del adsorbato en la solución

2.3 Las características de la fase líquida

- **pH:** Es uno de los factores mas importantes que afecta el proceso de adsorción en solución acuosa, en primer lugar, como ya se mencionó, la carga de la superficie del sólido adsorbente es función del pH de la solución; por otro lado, las interacciones entre la superficie del adsorbente y el soluto en solución dependen de la especie ionica de este, que a su vez tambien depende del pH de la solución.

De este modo, las especies de cationes de metales pesados presentes en solución acuosa dependen del pH de la solución y la concentración total del metal.

- **Temperatura:** El aumento o disminución de esta favorece o desfavorece según el tipo de adsorción que esté ocurriendo (Ver sección 3). Sin embargo, en algunas investigaciones al respecto se ha concluido que la adsorción es independiente de la temperatura (Leyva, R. 2007).

3. ISOTERMAS DE ADSORCIÓN

Son la manera de representar el equilibrio termodinámico entre el soluto adsorbido y el soluto en solución a temperatura constante, y se definen como la relación matemática entre la masa de soluto adsorbido por unidad de masa del adsorbente y la concentración del soluto en la solución.

Los primeros cinco tipos de la clasificación (I a V) fueron propuestos originalmente por Brunauer S., Deming L. S., Deming W. S. y Teller E. y es conocida como la clasificación BDDT, también referenciada como clasificación de Brunauer. La isoterma del Tipo VI es más reciente y se la conoce como isoterma escalonada.

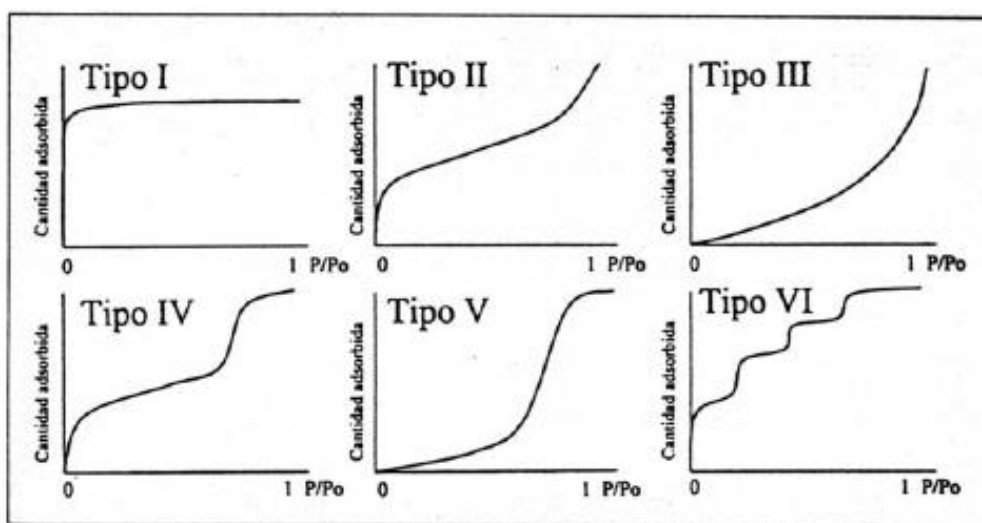


FIGURA 3. Clasificación de isotermas de adsorción. Tomada de: Martín, J. (1990)

Sin embargo, la más utilizada ya que representa situaciones altamente ideales, es la isoterma tipo I o isoterma de Langmuir, para la cual se plantean las siguientes suposiciones:

- Todos los sitios del sólido tienen igual actividad para la adsorción.
- No existe interacción entre las moléculas adsorbidas.
- Cada unión adsorbato-adsorbente tiene la misma estructura y sucede por el mismo mecanismo
- Cada sitio o poro del sólido puede adsorber una sola molécula del adsorbato.

Este modelo isotérmico, es característico de la mayoría de sólidos microporosos (Martín, J. 1990)

7)

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química

Docentes Investigadores: Diego Alejandro Herrera Soto – Lynda Lucía Gómez Castillo

Objetivo: Estructurar e implementar actividades para fomentar la comprensión con respecto al tópico generativo de adsorción, en el marco didáctico de la Enseñanza para la Comprensión.

Guía Experimental

Remoción de Ni²⁺ en solución acuosa con diferentes muestras de xerogeles.

Los xerogeles de carbono, son materiales carbonosos, poliméricos y sintéticos que actualmente tienen gran cantidad de aplicaciones debido a que se pueden fabricar controlando los parámetros de su síntesis como el pH de la disolución, el tipo de precursor, el disolvente utilizado, el tipo y cantidad de catalizador, el tiempo y la temperatura de la gelación y curado, la temperatura de carbonización y el tipo de activación química (A. S. Hernández, A. Arenillas, E. G. Calvo, J. Angel Menéndez, 2010); estas variables tienen significativa influencia en las propiedades texturales del xerogel obtenido, permitiendo que este adsorba o no determinados compuestos, o como en esta aplicación determinado catión metálico.

Estos materiales, se producen por la reacción de policondensación entre un benceno hidroxilado, y un aldehído, empleando un disolvente de cualquier tipo; para esta experiencia en particular, los precursores utilizados fueron: resorcinol, formaldehído y agua como disolvente. Después de la reacción de gelificación, hay que proporcionar las condiciones adecuadas para que el polímero se entrecruce y se consolide, esto recibe el nombre de etapa de gelación y curado, en donde el gel se somete a un programa de temperaturas donde va a fortalecer su estructura polimérica; posteriormente, es necesario retirar del xerogel el disolvente que aún se encuentra en su estructura, para ello se efectúa un proceso de secado subcrítico al vacío; luego, el gel se carboniza en atmósfera de nitrógeno y CO₂, con el objetivo de aumentar la porosidad del material físicamente; finalmente, el xerogel se activa por impregnación con una solución de hidróxido de potasio 1M, esto desarrolla en el gel una mejor distribución y tamaño de poro, además la presencia de grupos oxigenados en la superficie del material aumenta la adsorción de iones metálicos como el Ni²⁺.

Las etapas de síntesis anteriormente descritas generan que el xerogel, al finalizar el proceso presente una alta porosidad, superficie específica y volumen de poros, baja resistividad, alta conductividad eléctrica y buenas propiedades térmicas y mecánicas. Estas propiedades hacen que los xerogeles de carbono sean materiales prometedores para varias aplicaciones potenciales, entre las que se encuentran, como material de electrodo para condensadores de doble capa o supercondensadores, materiales adsorbentes para la separación de gases y la remoción de contaminantes, soporte de catalizadores y para el almacenamiento de hidrógeno (A. S. Hernández, A. Arenillas, E. G. Calvo, J. Angel Menéndez, 2010).

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En balones aforados 500mL preparar soluciones de 25, 50 y 100 ppm de NiSO₄, luego en frascos ámbar verter 50 mL del patrón preparado y adicionar 1g del xerogel correspondiente, ingresar a baño de agua con el objetivo de termostatar el sistema y someter a agitación mecánica por 48 horas.

En papel filtro cualitativo previamente pesado, filtrar el contenido del frasco; posteriormente, secar y pesar el papel filtro, con el objetivo de observar cambio en el peso del xerogel inicialmente empleado; por su parte, la solución filtrada leerla en el equipo de absorción atómica previamente calibrado con las soluciones patrón de níquel, esto para evidenciar alguna variación con respecto a la concentración inicial de la solución de níquel.

RESULTADOS

Reporte todos los datos *insitu* y procesados de todos los grupos en tablas organizadas y debidamente rotuladas. Puede utilizar las siguientes:

Grupo	Muestra de Xerogel	Peso Inicial del Xerogel	Peso del papel filtro	Peso final del xerogel

Grupo	Muestra de Xerogel	Concentración inicial aproximada del Níquel	Absorbancia reportada en el equipo	Concentración final del Níquel
		25 ppm		
		25 ppm		
		25 ppm		
		25 ppm		

ANÁLISIS

Para el análisis de los datos y resultados tenga en cuenta las siguientes preguntas orientadoras:

- ✓ ¿Cómo influye las características particulares de cada muestra de xerogel en la adsorción de Ni²⁺?
- ✓ ¿Observó cambio en el peso de los xerogeles estudiados? ¿a qué se debe dicho cambio de peso?
- ✓ ¿A qué se debe la variación en la concentración inicial de Ni²⁺? Explique detalladamente como considera se generó este proceso.
- ✓ ¿Qué muestra de xerogel resultó ser la más efectiva en la adsorción de níquel? ¿A qué le atribuye este resultado?
- ✓ ¿Considera que la adsorción sobre xerogeles de carbón es una alternativa efectiva para la remoción de iones metálicos como el Ni²⁺?

PARÁMETROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ARTÍCULO PARA EL MINICLUB DE REVISTA

1. Título, autores
2. Resumen: Texto descriptivo que resuma la intencionalidad del artículo, máximo 350 palabras.
3. Palabras clave: Generalmente son las palabras centrales del título.
4. Objetivos: Proponga un objetivo general y dos específicos teniendo en cuenta los criterios de la práctica experimental y el aporte que desee generar.
5. Marco de Referencia: El marco de referencia que construya debe apoyar el análisis de los resultados que obtenga en la práctica. Mínimo 1 hoja - Máximo 2 hojas.
6. Resultados: Deben estar organizados en tablas iguales o similares a las presentadas anteriormente, adicionalmente se debe incluir una muestra de los cálculos elaborados.
7. Análisis: Teniendo en cuenta las preguntas orientadoras y el aporte que desee generar.
8. Consideraciones Finales: Según los objetivos planteados.
9. Bibliografía y Citas: Según nomas APA.

8)

FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Fecha: ___/___/___

CATEGORÍA	INDICADORES DE RENDIMIENTO			
	<i>MAESTRÍA 100-90 PUNTOS</i>	<i>APRENDIZ 89-80 PUNTOS</i>	<i>NOVATO 79-70 PUNTOS</i>	<i>INGENUO 69-20 PUNTOS</i>
DISEÑO DE OBJETIVOS	Se diferencia el diseño de un objetivo general y algunos específicos, estos se redactan de manera adecuada, son claros y plausibles, están relacionados con el contexto de la práctica y pretenden generar aportes y reflexiones a partir de la aplicabilidad de la práctica.	Se diferencia el diseño de un objetivo general y algunos específicos, estos se redactan de manera adecuada, son claros y plausibles, están poco relacionadas con el contexto de la práctica pero pretenden generar algún aporte o reflexión a partir de la aplicabilidad de la práctica.	Se diferencia el diseño de un objetivo general y algunos específicos, estos se redactan de manera adecuada son claros pero no son plausibles y no están relacionados con el contexto de la práctica, tampoco pretenden generar algún aporte o reflexión a partir de la aplicabilidad de la práctica.	No se diferencia el diseño de un objetivo general y algunos específicos, estos no se redactan de manera adecuada, no son claros ni plausibles, no están relacionados con el contexto de la práctica y tampoco pretenden generar algún aporte o reflexión a partir de la aplicabilidad de la práctica.
CONSTRUCCIÓN DEL MARCO DE REFERENCIA	El marco de referencia que se construyó abarca todos los conceptos disciplinares químicos que se abordan en la práctica; las ideas están organizadas adecuada y coherentemente, se emplean diversas (4 o más) fuentes bibliográficas; los conceptos que se exponen se relacionan con la vida cotidiana; se usan ejemplos específicos e interconectados con los conceptos presentados en el marco; se usan ilustraciones adecuadas y claramente explicadas.	El marco de referencia que se construyó abarca todos los conceptos disciplinares químicos que se abordan en la práctica; las ideas están organizadas adecuada y coherentemente, se emplean diversas fuentes bibliográficas (3 o más); los conceptos que se exponen no se relacionan con la vida cotidiana; se usan ejemplos específicos e interconectados con los conceptos presentados en el marco; se usan ilustraciones adecuadas pero sin explicación.	El marco de referencia que se construyó abarca algunos los conceptos disciplinares químicos que se abordan en la práctica; las ideas no están organizadas adecuada y coherentemente, se emplean algunas fuentes bibliográficas (2 referentes); los conceptos que se exponen no se relacionan con la vida cotidiana; se usan ejemplos sin vincularlos con los conceptos presentados en el marco y sin explicación; se usan ilustraciones adecuadas pero sin explicación.	El marco de referencia que se construyó no abarca los conceptos disciplinares químicos que se abordan en la práctica; las ideas no están organizadas adecuada y coherentemente, se emplean pocas fuentes bibliográficas (1 referente); los conceptos que se exponen no se relacionan con la vida cotidiana; no se usan ejemplos que contribuyan a la explicación de los conceptos presentados en el marco; no se usan ilustraciones
RESULTADOS	Los resultados se presentan de manera organizada, en tablas adecuadamente rotuladas y numeradas, estas presentan una breve explicación y se muestra un ejemplo del cálculo de los datos que fueron procesados.	Los resultados se presentan de manera organizada, en tablas adecuadamente rotuladas y numeradas, pero no están explicadas, sin embargo, se muestra un ejemplo del cálculo de los datos que fueron procesados.	Los resultados se presentan de manera organizada, en tablas adecuadamente rotuladas y numeradas, pero no están explicadas, ni se presenta un ejemplo del cálculo de los datos que fueron procesados.	Los resultados no se presentan de manera organizada, no se evidencian tablas adecuadamente rotuladas y numeradas, tampoco están explicadas, ni se presenta un ejemplo del cálculo de los datos que fueron procesados.
ANÁLISIS DE RESULTADOS	Los análisis presentan una clara y adecuada	Los análisis presentan una clara y adecuada	Los análisis presentan una clara pero	Los análisis presentados no son claros y están

	<p>explicación de las preguntas orientadoras propuestas, dichas explicaciones están basadas en el marco de referencia, se utilizan diversos ejemplos que relacionan los resultados con los conceptos expuestos en el marco de referencia y se proponen análisis diferentes a los propuestos con las preguntas orientadoras.</p>	<p>explicación de las preguntas orientadoras propuestas, dichas explicaciones están basadas en el marco de referencia, se utilizan algunos ejemplos que relacionan los resultados con los conceptos expuestos en el marco de referencia, pero no se proponen análisis diferentes a los propuestos con las preguntas orientadoras.</p>	<p>desordenada explicación de las preguntas orientadoras propuestas, dichas explicaciones están basadas en el marco de referencia; no se utilizan algunos ejemplos que relacionen los resultados con los conceptos expuestos en el marco de referencia, tampoco se proponen análisis diferentes a los propuestos con las preguntas orientadoras.</p>	<p>desordenados con respecto a lo que se propone con las preguntas orientadoras propuestas, dichas explicaciones no están basadas en el marco de referencia; no se utilizan algunos ejemplos que relacionen los resultados con los conceptos expuestos en el marco de referencia, tampoco se proponen análisis diferentes a los propuestos con las preguntas orientadoras.</p>
<p>CONSIDERACIONES FINALES Y APORTES AL TRABAJO</p>	<p>Están relacionadas con cada uno de los objetivos diseñados; son claras y detalladamente explicadas y ejemplificadas; se presentan reflexiones y aportes diferentes a los direccionados con las preguntas orientadoras, que evidencian que los estudiantes aplican lo que han aprendido de maneras nuevas, diferentes y para mejorar su entorno social.</p>	<p>Están relacionadas con cada uno de los objetivos diseñados; son poco claras y no están muy bien explicadas y ejemplificadas; se presentan algunas reflexiones y aportes diferentes a los direccionados con las preguntas orientadoras, que evidencian que los estudiantes aplican lo que han aprendido de maneras nuevas, diferentes y para mejorar su entorno social.</p>	<p>Están relacionadas con cada uno de los objetivos diseñados; son poco claras y no están muy bien explicadas y ejemplificadas; no se presentan reflexiones ni aportes diferentes a los direccionados con las preguntas orientadoras, que evidencian que los estudiantes aplican lo que han aprendido de maneras nuevas, diferentes y para mejorar su entorno social.</p>	<p>No están relacionadas con cada uno de los objetivos diseñados; ni son claras y no están muy bien explicadas y ejemplificadas; no se presentan reflexiones ni aportes diferentes a los direccionados con las preguntas orientadoras, que evidencian que los estudiantes aplican lo que han aprendido de maneras nuevas, diferentes y para mejorar su entorno social.</p>
<p>TRABAJO EN GRUPO</p>	<p>Se observa participación cohesionada de todos los estudiantes e interés de estos por construir conjuntamente el artículo y por generar aportes y reflexiones a partir de la aplicabilidad de la práctica.</p>	<p>Se observa participación cohesionada la mayoría los estudiantes e interés de estos por construir conjuntamente el artículo y por generar aportes y reflexiones a partir de la aplicabilidad de la práctica.</p>	<p>Se observa participación cohesionada de algunos de los estudiantes e interés de estos por construir conjuntamente el artículo, pero no por generar aportes y reflexiones a partir de la aplicabilidad de la práctica.</p>	<p>No se observa participación cohesionada de los estudiantes ni interés de estos por construir conjuntamente el artículo ni por generar aportes y reflexiones a partir de la aplicabilidad de la práctica.</p>