

Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación química.

Dos Aplicaciones de Internet en la Currícula de Ingeniería Química*

Marco Antonio Núñez-Esquer¹ y Manuel Pérez-Tello²

Abstract (*Two Internet Applications for the Chemical Engineering Curriculum*)

In this work two Internet applications aimed at providing didactic support in undergraduate courses of Chemical Engineering at Universidad de Sonora are presented. The first application, "Mathematical Modeling of the Fluorescence Recovery After Photo-bleaching (FRAP) Technique", is useful for courses related with the formulation and solution of mathematical models based on partial differential equations. The second application, "Problems for Mass Transfer Applications", can be used in courses dealing with the design of separation equipment based on mass transport, and as a training tool for the General Exam from the Bachelor's Degree in Chemical Engineering administered by CENEVAL. Both applications have been successfully used in presental programs and can also be used in distance learning programs. The tools are available on line.

Introducción

El Internet ha representado un nuevo medio de comunicación entre profesores y estudiantes, así como una oportunidad de incorporar nuevas técnicas de enseñanza alternativas al salón de clases. Una de las ventajas de los sistemas de aprendizaje basados en Internet consiste en que pueden utilizarse métodos múltiples de presentación como texto, gráficas, audio, video, animación y simulación. Además, dado que el material se encuentra disponible 24 horas al día, siete días a la semana, este tipo de apoyo también permite un aprendizaje más flexible, ya que el alumno, dentro de los límites de fechas de entrega de tareas o proyectos, puede decidir el momento en que estudia y la velocidad a la cual practica los temas revisados.

En este trabajo se describen dos aplicaciones o módulos basados en Internet desarrollados como

auxiliares de aprendizaje para cursos de la licenciatura en Ingeniería Química: Modelación Matemática de la Técnica RFDF y Reactivos de Aplicaciones de Transferencia de Masa.

Este trabajo contribuye a resolver la carencia de materiales instruccionales basados en Internet, en idioma español, que pueden utilizarse de forma gratuita como apoyo a cursos relacionados con estas dos áreas de la Ingeniería Química.

Módulo I: Modelación Matemática de la Técnica RFDF

La modelación matemática es una herramienta de gran importancia en la formación de estudiantes de ingeniería química ya que les permite predecir el comportamiento de un sistema ante cambios en sus condiciones de operación. La modelación matemática exitosa puede evitar costosas experimentaciones a nivel planta piloto o industrial (Himmelblau, 1968).

El módulo "Modelación Matemática de la Técnica RFDF" tiene por objetivo ser un apoyo didáctico para un curso de Análisis Matemático de Procesos o similar de la carrera de Ingeniero Químico, de forma que la teoría del curso se revisa en las sesiones presenciales de la materia y el módulo se asigna a los alumnos como un caso de estudio no presencial el cual sirve de base para la elaboración de tareas, de acuerdo a los ejercicios propuestos al final del propio módulo. De esta forma, todo estudiante que toma el curso debe acceder durante el semestre en varias ocasiones al sitio web en el cual se encuentra hospedado el módulo.

El curso "Análisis Matemático de Procesos", en el cual se ha empleado este módulo, trata sobre el desarrollo de modelos matemáticos en ingeniería química, su solución y análisis. El estudiante que cursa esta materia ha aprobado al menos una asignatura relacionada con ecuaciones diferenciales ordinarias y fenómenos de transporte. Por lo tanto, la orientación del curso es hacia modelos que involucran ecuaciones diferenciales parciales (EDP's). Dentro de esta materia se revisan técnicas básicas de solución de EDP's, como separación de variables, transformada de Laplace y combinación de variables.

En el módulo web se describe matemáticamente un proceso de difusión de masa que ocurre durante

Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora.

Rosales y Transversal, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

¹ Correo electrónico: ,Tel./Fax: (6) 259-2105

² Correo electrónico:

Recibido: 8 de enero de 2007; aceptado: 11 de junio de 2007.

la aplicación de la técnica Recuperación de Fluorescencia Después de Fotoblanqueamiento (RFDF) la cual se emplea para medir el coeficiente de difusión de proteínas en membranas celulares. Las aplicaciones en Biotecnología conforman un campo de investigación y desarrollo del ingeniero químico emergente y de gran actualidad que pretendemos dar a conocer al estudiante mediante este trabajo. El modelo matemático que se obtiene al analizar el fenómeno de difusión de proteínas es adimensionalizado y posteriormente resuelto utilizando el método de separación de variables, de acuerdo a la teoría sobre modelos que se estudia a lo largo del curso. El sitio web puede accederse en la siguiente dirección electrónica: <http://cursweb.educadis.uson.mx/marco/subpaginas/modulo%20RFDF/>

La página principal del módulo corresponde a una página de Presentación, en la cual se discuten las ventajas del uso de Internet en el proceso de enseñanza-aprendizaje y las características principales del módulo web. En la sección izquierda de la página aparece un menú de opciones que el usuario puede elegir presionando el botón izquierdo del mouse y que lo lleva directamente a la página seleccionada. A continuación se describe brevemente cada una de las páginas a las cuales puede accederse desde el menú de opciones.

En la página "Introducción" se describe la técnica RFDF. Para la descripción de la técnica se hace uso de texto (Lodish y otros, 2000), imágenes (Mullineaux y otros, 1997) y video (Angus y otros, 2003; Hennigan, 2006), lo que permite al usuario una mejor comprensión de este método de determinación de coeficientes de difusión. En la figura 1 se presenta una pantalla de la página "Introducción".

En la página "Modelo Matemático" se describe la formulación del modelo matemático para la concentración de moléculas de interés en la membrana celular como función del tiempo y posición en la membrana. El modelo matemático se deduce a partir de la simplificación del balance de masa para el soluto en un volumen diferencial de la membrana. La ecuación diferencial parcial obtenida se complementa con las condiciones inicial y de frontera apropiadas para el caso de estudio (figura 2).

En la página "Adimensionalización del Modelo Matemático" se aplica una técnica convencional para expresar el modelo de forma adimensional con el fin de simplificarlo y generalizar los resultados que de él se obtengan. Los parámetros característicos utilizados para llevar a cabo la adimensionalización,

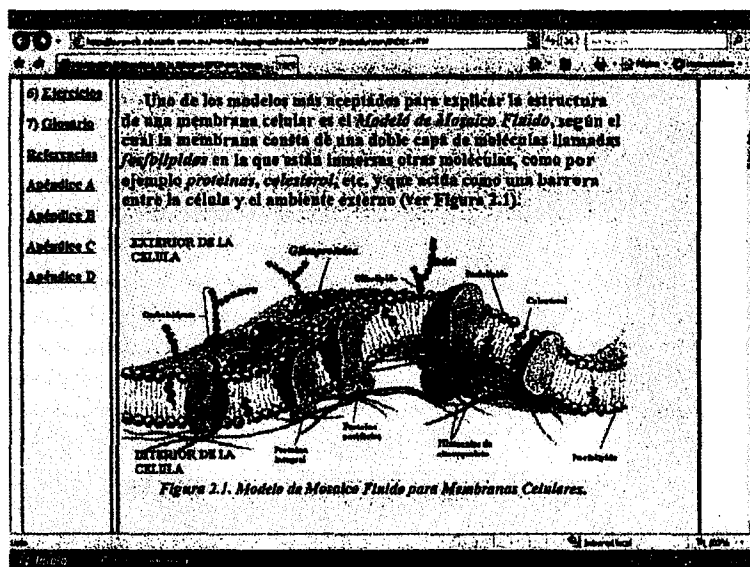


Figura 1. Página "Introducción".

se definen tomando en cuenta las dimensiones del sistema que se está modelando. El modelo adimensionalizado es el que se resuelve en la siguiente sección.

La página de "Solución del Modelo Matemático" describe la solución analítica de la ecuación diferencial parcial adimensionalizada, utilizando el método de separación de variables. En esta página se va presentando paso a paso el procedimiento utilizado para obtener la solución completa del pro-

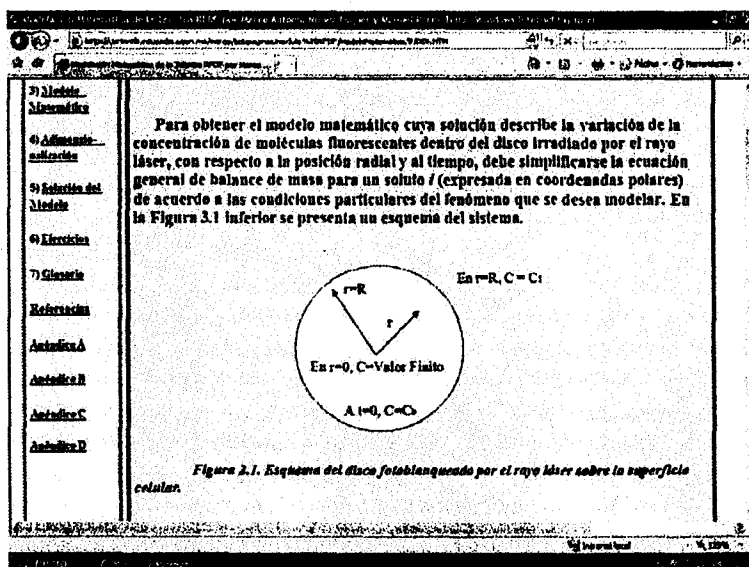


Figura 2. Página "Modelo Matemático".

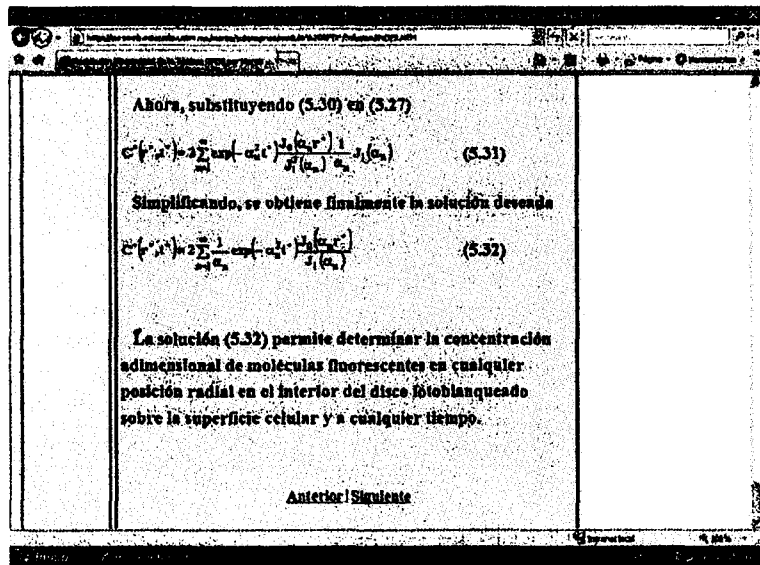


Figura 3. Página "Solución del Modelo Matemático".

blema, de forma que finalmente se disponga de una expresión para la concentración del soluto (C) como función de la posición (r) y el tiempo (t) transcurrido desde el inicio de la aplicación de la técnica RFDF (figura 3).

"Ejercicios" es una página que presenta una serie de problemas propuestos relacionados con la formulación y solución de modelos matemáticos con el fin de complementar la teoría revisada durante el curso y los conceptos presentados en el propio módulo.

Estos ejercicios han sido asignados como tareas extra-clase dentro de la materia en la cual se utiliza este módulo. Aspectos como justificación de variables adimensionales utilizadas, formas de expresar matemáticamente distintas condiciones frontera de acuerdo a cambios en la aplicación de la técnica RFDF, entre otros, han sido incluidos en esta sección de "Ejercicios".

El vocabulario requerido para comprender la forma en que funciona la técnica RFDF generalmente no es del dominio del estudiante típico de ciencias e ingeniería, por lo que en la página "Glosario" se incluyen definiciones de términos característicos de la técnica RFDF para una mejor comprensión del módulo web.

En la página "Referencias" se presenta un listado de la bibliografía consultada para la elaboración del presente módulo y puede servir de punto de partida al estudiante para la solución de los problemas asignados en la página "Ejercicios". Finalmente, en la página de "Apéndices" se describen de forma detallada tablas o demostraciones requeridas durante el desarrollo de la solución del modelo matemático.

Módulo II: Reactivos de aplicaciones de transferencia de masa

Con el objetivo de aprovechar las ventajas inicialmente mencionadas de los apoyos didácticos basados en Internet, se diseñó una página web para su uso como un complemento a un curso típico de Operaciones Unitarias de la Licenciatura en Ingeniería Química. Un curso de esta naturaleza trata típicamente sobre aplicaciones de transferencia de masa en operaciones de separación (Geankoplis, 2003; McCabe y otros, 2001). En él se revisa el diseño de equipo de las principales operaciones de transporte de materia como son Absorción de Gases, Destilación, Humidificación, etc.

La página web de este módulo contiene 50 reactivos o ejercicios los cuales sirven al estudiante como una herramienta de autoevaluación de los conocimientos adquiridos en la clase o a través de las tareas regulares del curso, con el fin de tener un mejor desempeño en la evaluación formal realizada por el instructor.

Entre las características principales de esta herramienta pueden mencionarse su diseño instruccional claro y consistente, interfase de usuario intuitiva, reactivos interactivos que permiten retroalimentación instantánea, disponibilidad las 24 horas del día/7 días a la semana y posibilidad de ritmo de trabajo autorregulado. Esta página web puede accederse li-



Figura 4. Cabecera de la Página Principal

brememente en la siguiente dirección electrónica: <http://cursweb.educadis.uson.mx/marco/subpaginas/reactivos%5Fceneval/index.htm>

La Página Principal es una presentación del módulo, el cual consiste en un conjunto de 50 reactivos entre los que se cuentan preguntas conceptuales y problemas de diseño de equipo de transferencia de masa.

El formato utilizado para la presentación de los reactivos o ejercicios sigue el empleado en el Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Química administrado por el CENEVAL (EGEL-IQ), debido al uso cada vez más frecuente de este tipo de evaluación como un medio para la titulación de los egresados de Licenciatura y a la falta de instrumentos de apoyo con que cuenta el sustentante para familiarizarse con las características del examen y el tipo de reactivos que lo integran.

En la figura 4 se presenta la cabecera de la Página Principal en la cual se realiza la presentación de la página web.

La figura 5 ilustra una tabla contenida en la Página Principal, en la cual puede seleccionarse el reactivo o ejercicio que se desea resolver, haciendo clic con el mouse. Los reactivos no tienen un orden específico en su temática por lo que la revisión del material por el estudiante resulta en cierta manera aleatoria.

Los reactivos fueron diseñados para que el usuario los utilice como un entrenamiento para las evaluaciones regulares del curso, por lo que en general comprenden todos los temas cubiertos en el programa de la materia. Sin embargo, cada vez es más utilizado como un instrumento de práctica para el Examen EGEL-IQ administrado por el CENEVAL, en el tema de Operaciones de Transferencia de Masa.

En la figura 6 se muestra el enunciado de un reactivo típico, una vez que ha sido seleccionado en la tabla mostrada en la figura 5.

Cada reactivo incluye cuatro posibles respuestas entre las que el usuario debe elegir con el mouse la que considere correcta. En el caso de reactivos cuya solución involucra algún tipo de cálculos, éstos deberán hacerse por separado para poder seleccionar la respuesta acertada.

Una característica de este trabajo es que permite al estudiante recibir retroalimentación inmediata sobre la respuesta escogida. En el caso de que la opción que se haya elegido corresponda a la respuesta correcta, éste se le hace saber al usuario mediante una pantalla similar a la presentada en la figura 7 inferior,

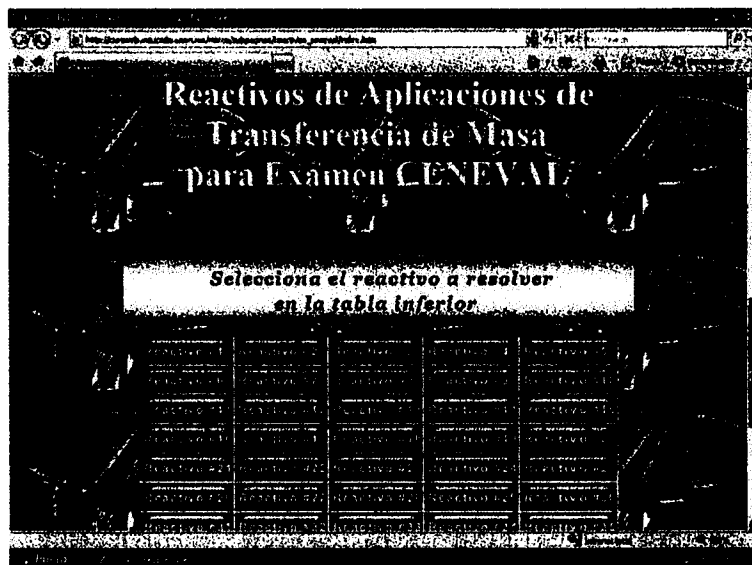


Figura 5. Tabla de Selección de Reactivos a resolver.

en la cual se utilizan imágenes que mantengan el interés del alumno.

La respuesta correcta para cada reactivo incluye asimismo su solución, de forma que el estudiante puede verificar algún concepto en el cual haya tenido dudas o en el caso de problemas que involucren cálculos, alguna etapa del procedimiento que considere confusa (figura 8).

Para el caso en que la respuesta seleccionada sea incorrecta, se le informa al usuario mediante la pantalla presentada en la figura 9, teniendo la oportuni-

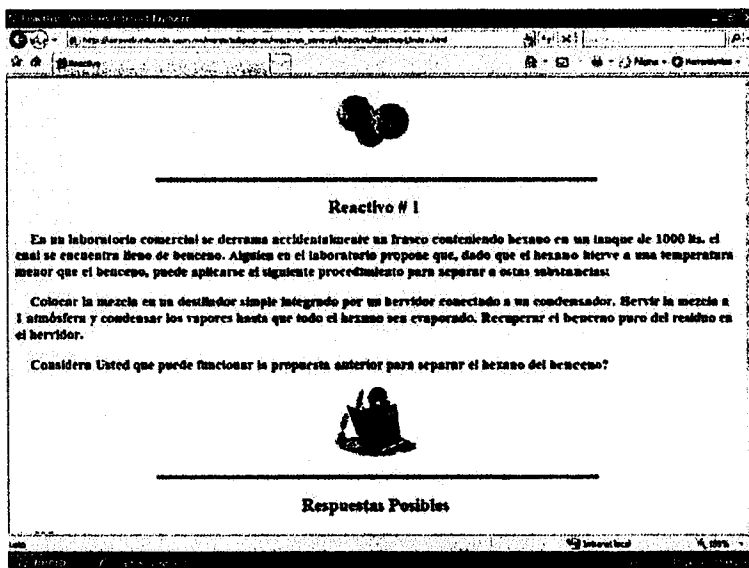


Figura 6. Enunciado de Reactivo # 1.

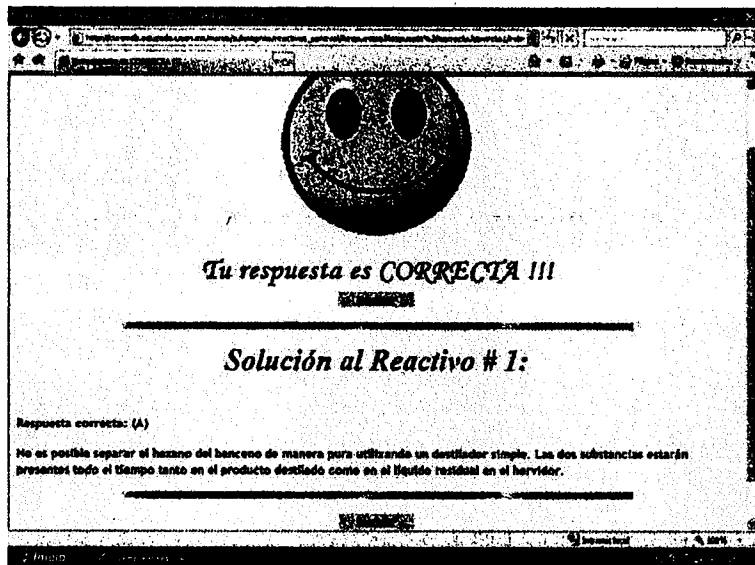


Figura 7. Solución a Reactivo # 1.

dad de regresar a escoger una nueva opción en el menú de respuestas posibles del reactivo que se esté resolviendo.

Impacto en el aprendizaje

Las herramientas anteriormente descritas ofrecen al estudiante alternativas al aula de clases para complementar su aprendizaje. El módulo para Internet "Modelación Matemática de la Técnica RFDF" se ha empleado como material de autoaprendizaje o tuto-

rial en el sentido planteado por Wankat y Oreovicz (1993); es decir, a lo largo del semestre la teoría sobre modelos matemáticos y distintas técnicas de solución son revisados en el aula y cuando un tema relacionado ha sido cubierto, se asigna como lectura o elaboración de tarea una sección o ejercicio propuesto del módulo para Internet. De acuerdo a declaraciones de los propios estudiantes las principales ventajas observadas son la posibilidad de consultar el material asignado en cualquier día y a cualquier hora, dentro del periodo de entrega de la tarea asignada y las ayudas visuales que se incluyen para comprender los conceptos de la Técnica RFDF, por lo que hace más agradable la experiencia de aprendizaje. Este módulo para Internet puede emplearse no sólo en cursos de ingeniería química sino en cualquier materia de Licenciatura o Posgrado del área de ciencias e ingeniería que esté relacionada con la solución de ecuaciones diferenciales parciales.

El trabajo "Reactivos de Aplicaciones de Transferencia de Masa" ha sido utilizado por los estudiantes como auxiliar para la evaluación final global del curso correspondiente, al intentar responderlo cuando se consideran suficientemente preparados. Asimismo, pasantes de ingeniería química entrenándose para el Examen General para el Egreso de la Licenciatura en Ingeniería Química administrado por el CENEVAL (EGEL-IQ), lo emplean para familiarizarse con el formato de este examen y trabajar de forma más eficiente durante su desarrollo. Las opiniones de usuarios de esta herramienta han sido positivas señalando, además, la ventaja que representa contar con una retroalimentación instantánea para las respuestas que eligen ya que de esta forma pueden profundizar en el material relacionado con respuestas correctas que hayan elegido de forma insegura o con preguntas que hayan respondido erróneamente. Los estudiantes han sido receptivos a este método de interacción con el material del curso y aprecian el esfuerzo adicional realizado por el instructor.

Conclusiones

En este trabajo se han descrito dos herramientas basadas en Internet diseñadas como apoyo a cursos de la Licenciatura en ingeniería química. Ambos trabajos han sido aplicados en cursos presenciales en la Universidad de Sonora, pueden utilizarse en materias de programas educativos a distancia y están disponibles de forma gratuita para emplearse en materias relacionadas con la modelación matemática basada en ecuaciones diferenciales parciales o con

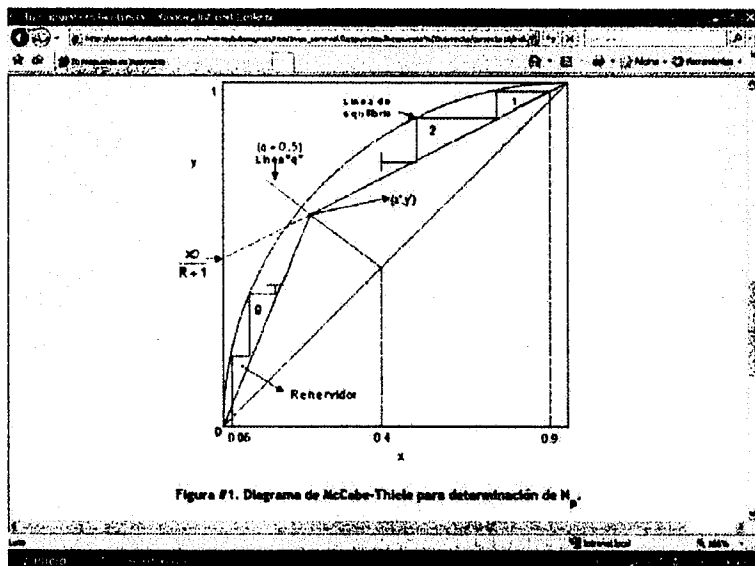


Figura #1. Diagrama de McCabe-Thiele para determinación de N_p .

Figura 8. Solución a Reactivo # 18.

cursos regulares de transporte de materia aplicada y para entrenamiento en la presentación del EGEL-IQ (CENEVAL).

Finalmente, cabe mencionar que el uso de Internet en la academia no se contrapone a la conferencia tradicional del maestro en el aula sino que la complementa, con el fin de incrementar el aprendizaje de los estudiantes y alcanzar en mayor medida el objetivo de la educación universitaria. ■

Agradecimientos

Los autores agradecen las facilidades otorgadas por el personal del Laboratorio Central de Informática de la Universidad de Sonora para el uso de equipo, en particular el apoyo de los Lic. Angel Sánchez y Martín Ríos. Asimismo, se aprecian los comentarios de los árbitros para mejorar el manuscrito. El hospedaje del sitio web para este trabajo se agradece al M.C. Rodolfo Peón Aguirre, Director de EDUCADIS y del Centro de Tecnología Educativa de la Universidad de Sonora.

Referencias

Angus, S.P., Solomon, D.A., Kuschel, L., Hennigan, R.F. y Knudsen, E.S., Retinoblastoma tumor suppressor: Analyses of dynamic behavior in living cells reveal multiple modes of regulation, *Molecular and Cellular Biology*, 23(22), 8172-8188, 2003.

Geankoplis, Ch. J., *Transport Processes and Separation Process Principles* (4th. ed.), Prentice Hall, New Jersey, U.S.A., 2003, p. 3-5.

Hennigan, R., Fluorescence recovery after photobleaching (FRAP) in a live HT1080 fibrosarcoma cell expressing a GFP-tubulin fusion protein, consultada por última vez en Enero 5 del 2007 en la URL <http://microscopy.uc.edu/gallery/confocal/tub2.gif>

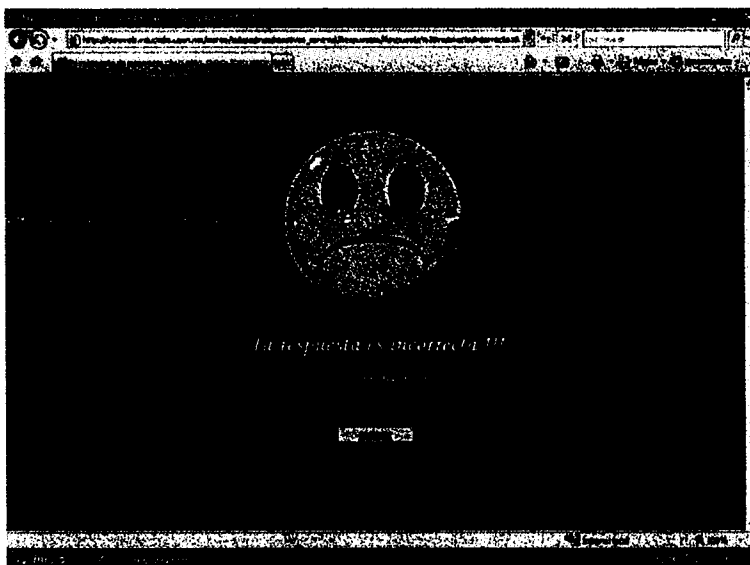


Figura 9. Anuncio de respuesta incorrecta para Reactivo # 1.

Himmelblau, D.M. y Bischoff, K.B., *Process Analysis and Simulation: Deterministic Systems*. John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 1968, p. 1-3.

Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S.L., Matsudaira, P., Baltimore, D. y Darnell, J., *Molecular Cell Biology*, W.H. Freeman and Co., U.S.A., 2000, p. 163-164.

McCabe, W.L., Smith, J. y Harriott, P., *Unit Operations of Chemical Engineering* (6th. ed.), McGraw-Hill, New York, U.S.A., 2001, p. 3-4.

Mullineaux, C.W., Tobin, M.J. y Jones, G.R., Mobility of photosynthetic complexes in thylakoid membranes, *Nature*, 390, 421-424, 1997.

Wankat, P.C. y Oreovicz, F.S., *Teaching Engineering*, McGraw-Hill, New York, U.S.A., 1993, p. 157-158.