

**MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA
VICERRECTORADO DE INNOVACIÓN Y CALIDAD DOCENTE
CURSO ACADÉMICO 2012-2013**

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

Adaptación, optimización y virtualización de prácticas de laboratorio para la asignatura de grado "Fisicoquímica de aguas"

2. Código del Proyecto

122096

3. Resumen del Proyecto

En este proyecto se han diseñado y adaptado prácticas de laboratorio para la asignatura Fisicoquímica de aguas en los nuevos estudios de grado. Se han optimizado las operaciones y los contenidos para que puedan realizarse en el tiempo disponible por un alumno medio. Además se ha desarrollado un conjunto de programas informáticos correspondientes a las mencionadas prácticas, así como actividades dirigidas no presenciales sobre la temática de las prácticas. Sobre la base de este programa se ha establecido un sistema de autoevaluación de conocimientos para el estudiante, previo a su incorporación al laboratorio para desarrollar las prácticas.

4. Coordinador/es del Proyecto

| Nombre y Apellidos | Departamento | Código del Grupo Docente |
|-------------------------------|---|--------------------------|
| José Miguel Rodríguez Mellado | Química Física y Termodinámica Aplicada | UCO22 |
| | | |

5. Otros Participantes

| Nombre y Apellidos | Departamento | Código del Grupo Docente | Tipo de Personal |
|------------------------|---|--------------------------|-------------------|
| Rafael Rodríguez Amaro | Química Física y Termodinámica Aplicada | UCO22 | PDI |
| Manuel Mayén Riego | Química Agrícola y Edafología | UCO22 | PDI |
| Mercedes Ruiz Montoya | Ingeniería Química, Química Física y Química Orgánica (UHU) | UCO22 | PDI Externo a UCO |
| | | | |

6. Asignaturas afectadas

| Nombre de la asignatura | Área de conocimiento | Titulación/es |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| Fisicoquímica de aguas | Química Física | Ciencias Ambientales |
| | | |
| | | |
| | | |

MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

Especificaciones

Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de **diez** páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de los mismos.

Apartados

1. **Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).
2. **Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia).
3. **Descripción de la experiencia** (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia).
4. **Materiales y métodos** (describir el material utilizado y la metodología seguida).
5. **Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad).
6. **Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil).
7. **Observaciones y comentarios** (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados).
8. **Bibliografía**.

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba a 10 de septiembre de 2013

1. Introducción.

La asignatura Fisicoquímica de Aguas se ha explicado ininterrumpidamente desde el curso 1996-97. Consta de lecciones magistrales, ejercicios y problemas numéricos y prácticas de laboratorio. Para cubrir todos los aspectos de la asignatura, dos de los integrantes del grupo docente publicamos el libro *Fisicoquímica de Aguas* en la editorial Díaz de Santos en 1999 (ISBN 84-7978-382-6). Como los ejemplos numéricos son muy importantes en la comprensión de la asignatura, se publicaron los libros *Problemas resueltos de química del agua* en el Servicio de Publicaciones de la UCO (ISBN 84-7801-658-9) y *Química del Agua: Ejercicios y problemas resueltos* (ISBN 978-84-613-2957-1).

Con la introducción y puesta en marcha de los Planes Piloto de adaptación al EEES en la Facultad de Ciencias de la UCO se disminuyó en un porcentaje elevado la presencialidad de los estudiantes y las prácticas de laboratorio quedaron reducidas a dos sesiones de tres horas. Al planificar los nuevos estudios de grado, la asignatura pasa a constar de 6 créditos ECTS, lo que se traduce en 27 horas de docencia en grupos medianos y 30 horas para las clases de teoría, con lo cual se amplían significativamente los contenidos prácticos de la asignatura.

La experiencia del equipo solicitante en materia de diseño y mejora de contenidos prácticos está contrastada. Así, en 2003 se publicó el libro *Curso Experimental en Química Física* en la editorial Síntesis (ISBN 84-9756-128-7), donde participa uno de los solicitantes, consecuencia del proyecto de innovación docente 02NP005. En 2004 varios de los integrantes del grupo docente, entre los cuales se encuentran dos de los solicitantes, publicaron seis prácticas de electroquímica en un libro editado con motivo de un congreso por Grafisur. En 2007-2008 el responsable de la solicitud y otro profesor del grupo docente participaron en un proyecto de la UCO (07MOD1-09), *Laboratorio integrado de "Termodinámica Química" y "Cinética Química"*, sobre desarrollo e implantación de prácticas de laboratorio. Además, los tres solicitantes y otro integrante del grupo docente publicamos el libro electrónico *Ciclo integral del agua* en el Servicio de publicaciones de la UCO (ISBN 978-84-7801-909-0), también en 2008. Consecuencia de esta experiencia se ha publicado en mayo de 2013 el artículo "Preparing the Students for the Laboratory by Means of Virtual Labs" en la revista *Journal of Laboratory Chemical Education*.

El equipo que solicita este proyecto tiene también experiencia sobre la elaboración de aplicaciones informáticas y el conjunto de materiales didácticos correspondientes a sistemas de autoevaluación. Esto se ha realizado para la asignatura *Termodinámica Química* (proyecto 06NA2006), para la materia de *Cinética Química* (proyecto 07CA2010, ISBN 978-84-691-7538-5), para *Curso Cero de Química* (proyecto 07NA2003, ISBN 978-84-691-7330-5), para Selectividad (*Recursos de Química para la Prueba de Acceso a la Universidad*, Junta de Andalucía, ISBN: 978-84-8051-270-1), para la adaptación de la materia de Química a los contenidos comunes contemplados en los nuevos estudios de grado de Ciencias Experimentales (proyecto "Diseño y desarrollo de material para actividades dirigidas no presenciales para la enseñanza de la materia de Química en los nuevos estudios de grado" proyecto 08A2022, ISBN 978-84-992-7040-1, Servicio de Publicaciones de la UCO; "Nuevos materiales y complementos docentes para la enseñanza de la asignatura de Química en los estudios de Grado y su adecuación a la metodología del EEES", proyecto 092001). "Mejora Del aprendizaje de Ingeniería Química mediante la comprobación in situ de los conocimientos adquiridos", XIII Convocatoria de Proyectos Innovación Docente (Universidad de Huelva) Curso 2009-2010, "Prácticas virtuales para actividades dirigidas no presenciales de los contenidos comunes experimentales de la materia de Química en los nuevos estudios de grado" 092002 de la UCO, "Laboratorios virtuales para el apoyo a la docencia práctica en Química y Química Física mediante actividades no presenciales", 102001 de la UCO, "Diseño y desarrollo de nuevos materiales y complementos docentes para la enseñanza de la asignatura Termodinámica en los estudios de Grado: trabajo

autónomo, actividades no presenciales, docencia virtual y evaluación/autoevaluación” 112010 de la UCO.

Además, ha elaborado libros electrónicos correspondientes a proyectos de innovación docente de la UCO de las pasadas convocatorias: 03NP031 “Puesta en marcha de documentos interactivos para el estudio desasistido de asignaturas de Química. I. Tutor de problemas de química del agua y de reactores químicos”, 04RS049; “Puesta en marcha de documentos interactivos para el autoaprendizaje de asignaturas de Química. II. Tutor de problemas de Reactores Químicos y de Aspectos Ambientales de la Química del Agua”, 04NP026; “Preparación de documentos interactivos para el estudio y aprendizaje de problemas de Cinética Química”, 05NA052; “Preparación de documentos interactivos para el estudio y aprendizaje de Química Física: Unidades didácticas de Química Macromolecular”. Se han publicado recientemente tres libros electrónicos: “Introducción a la Química Universitaria: Curso Cero” ISBN:978-84-7801-885-7, “Ciclo Integral del Agua” ISBN: 978-84-7801-909-0, “Complementos docentes en Química General y su adecuación a la Metodología del Espacio Europeo de Educación Superior” ISBN: 978-84-992-7040-1

2. Objetivos

1. Diseñar y/o adaptar prácticas de laboratorio para la asignatura Fisicoquímica de aguas en los nuevos estudios de grado. Optimizar las operaciones y los contenidos para que puedan realizarse en el tiempo disponible por un alumno medio.
2. Desarrollar un conjunto de programas informáticos correspondientes a dichas prácticas.
3. Desarrollar paralelamente actividades dirigidas no presenciales sobre la temática de las prácticas.
4. Establecer un sistema de autoevaluación de conocimientos para el estudiante, previo a su incorporación al laboratorio para desarrollar las prácticas.

3. Descripción de la experiencia

Se han seleccionado contenidos prácticos sobre diferentes aspectos de la fisicoquímica del agua determinando dureza, alcalinidad (en sus diferentes vertientes), pH, conductividad, y otros parámetros fisicoquímicos para muestras de agua natural y/o tratada en función de diferentes condiciones ambientales.

El objetivo global de las prácticas propuestas se puede enunciar como “Equilibrio carbónico de un agua. pH de equilibrio. Índices de saturación”. Con una misma muestra de agua se evalúa los parámetros antes mencionados en diferentes sesiones de laboratorio y del conjunto de los mismos se llega a conclusiones sobre el agua estudiada.

Las prácticas seleccionadas son las siguientes:

Práctica 1. Velocidad de formación de ácido carbónico a partir de CO₂.

Práctica 2. Determinación de alcalinidad por valoración con indicador.

Práctica 3. Determinación de alcalinidad por valoración Gran.

Práctica 4. Determinación de dureza.

Práctica 5. Evaluación de la capacidad para la corrosión/incrustación de un agua.

Práctica 6. pH y alcalinidad de una agua mineral comercial.

Estas prácticas se corresponden con las recogidas en el texto publicado en Díaz de Santos, aunque no son idénticas a ellas. Además, un embrión de las mismas se encuentra en las desarrolladas en el actual plan de estudios. Se han buscado las condiciones experimentales para adaptarlas a la disponibilidad de material, de laboratorios y, sobre todo, de tiempo dedicado por los estudiantes en las sesiones de laboratorio.

Los programas correspondientes se han desarrollado en Visual Basic.Net versión 2012, para el cual se ha adquirido una licencia con cargo al proyecto. Las actividades permiten al usuario realizar el trabajo práctico de forma virtual, el cual, una vez superado con éxito podrá realizar la práctica real.

Una vez montadas físicamente las prácticas se procedió a elaborar una descripción escrita de la operativa asociada a cada una de ellas, adecuándola a un programa informático. A continuación se diseñaron, se escribieron y probaron los diferentes programas correspondientes a cada una de las prácticas. En la depuración de los programas se probaron por diferentes personas, estudiantes que ya superaron la asignatura incluidos, lo que ha permitido darles forma final e integrarlos en una única aplicación.

4. Materiales y métodos

A lo largo del curso se han revisado en el laboratorio las prácticas de las cuales ya se disponía de experiencia previa y, además, se han montado y chequeado las “nuevas prácticas”. El trabajo principal ha consistido en verificar paso a paso todas y cada una de las operaciones y en establecer cuál es el material adecuado para cada práctica, el mínimo e imprescindible, pero también el que se podría utilizar como alternativa.

Una vez montadas físicamente las prácticas se ha procedido a elaborar una descripción escrita de la operativa asociada a cada una de ellas y se ha discutido en el grupo docente que presenta el proyecto la mejor manera de adecuarla a un programa informático. Se ha procedido también a la filmación de las prácticas por parte de un equipo de alumnos, para dotar a las mismas del material audiovisual correspondiente.

A continuación se han diseñado, escrito y probado, los diferentes programas correspondientes a cada una de las prácticas. El siguiente paso consistió en la depuración de estos programas, haciéndolos probar a diferentes personas, estudiantes incluidos, lo que ha permitido darles una forma final que consideramos adecuada.

Por último, estos programas se han integrado en una única aplicación.

5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso.

El resultado principal se resume en el programa que se puede encontrar como anexo a esta memoria y que se puede instalar en ordenadores con el sistema operativo Windows en sus versiones XP, 7 y 8.

La figura de la izquierda corresponde a la pantalla de bienvenida mientras que la de la derecha corresponde a la pantalla principal de la aplicación. Se incluye el acceso a cada una de las nueve prácticas seleccionadas, así como a una introducción sobre los objetivos de la práctica.



Laboratorio virtual de Química del Agua

Selección práctica

Práctica 1: formación de ácido carbónico a partir de dióxido de carbono

Práctica 2: Determinación de alcalinidad por valoración con indicador

Práctica 3: Determinación de alcalinidad por valoración Gran

Práctica 4: Determinación de dureza

Práctica 5: Evaluación de la capacidad para la corrosión/incrustación de un agua

Práctica 6: pH y alcalinidad de un agua mineral comercial

Práctica 7: Estandarización de NaOH 0,1 M

Práctica 8: Reconocimiento del material de laboratorio

Práctica 9: Seguridad en el laboratorio

Ir a práctica seleccionada

Salir

Introducción de la práctica

FORMACIÓN DE ÁCIDO CARBÓNICO A PARTIR DE DIÓXIDO DE CARBONO

El objeto de esta práctica es comprobar las velocidades de hidratación del dióxido de carbono y de deshidratación del ácido carbónico, así como obtener un valor aproximado de la constante de velocidad de la hidratación.

El dióxido de carbono no es un ácido de Brønsted porque no contiene protones, pero se hace dibásico mediante hidratación a ácido carbónico:

$$\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$$

La velocidad de esta reacción puede determinarse en disoluciones acuosas rías saturadas con CO_2 porque la baja temperatura disminuye la velocidad de reacción.

El curso de la reacción puede seguirse por el cambio de color de un indicador de pH como el azul de bromotimol que es amarillo a pH 6, verde a pH 7, y azul a pH 8.

La práctica “**Velocidad de formación de ácido carbónico a partir de CO_2** ” se basa en la determinación de tiempos de viraje y del contenido total en dióxido de carbono por valoración. Como se ve en las figuras, corrige los errores más comunes y permite repetir las medidas.

Formación de ácido carbónico a partir de dióxido de carbono

Tome 200 mL de disolución de CO_2 y colóquelo en un baño de hielo

Estandarizar sosa

Preparar NaHCO_3

Añadir HCl

Valorar

Añade 1 mL de disolución de NaOH 0,1 M y comienza a contar el tiempo

Comenzar

Parar

Repetir

Valido

Finalizar práctica

Salir

| NaOH(mL): | 1 | 2 | 4 | 8 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|
| tiempo (s): | 6,7 | 7,4 | 8,1 | 8,7 |

Las prácticas “**Determinación de alcalinidad por valoración con indicador**” y “**Determinación de alcalinidad por valoración Gran**” se refieren a dos tipos de valoraciones ácido base, la segunda de ellas potenciométrica. En ambos casos se hace un seguimiento de la valoración y se corrigen los errores más comunes, que en el laboratorio supondrían repetir las operaciones y que, en muchos casos no daría tiempo a hacerlas.

Alcalinidad por valoración

Prepara 0,5 L de HCl 0,01 M y valora muestras de 40 mL

Preparar sosa

Estandarizar sosa

Preparar HCl

Valorar HCl

Valoración TA

Valoración TAC

Dilución de NaOH

Molaridad real: 0,1027

Escribe aquí los mL necesarios con una cifra decimal

48,7

Ver

Bureta

Reactivo en uso: NaOH

1 gota

1 mL

5 mL

mL añadidos

50

Repetir

Terminar

Salir

Error de valoración

Hay un exceso de valorante. Se recomienda realizar la valoración de nuevo

Alcalinidad Gran

Añade HCl a la muestra de agua hasta que el pH baje de 3

Preparar sosa

Estandarizar sosa

Preparar HCl

Valorar HCl

Medir pH

Valoración Gran

Dilución de HCl

Molaridad real: 0,0934

Escribe aquí los mL necesarios con una cifra decimal

66,9

Ver

Bureta

Reactivo en uso: HCl

Indicador: Electrodo pH

1 gota

1 mL

5 mL

mL añadidos

0,45

Repetir

Terminar

Resultados

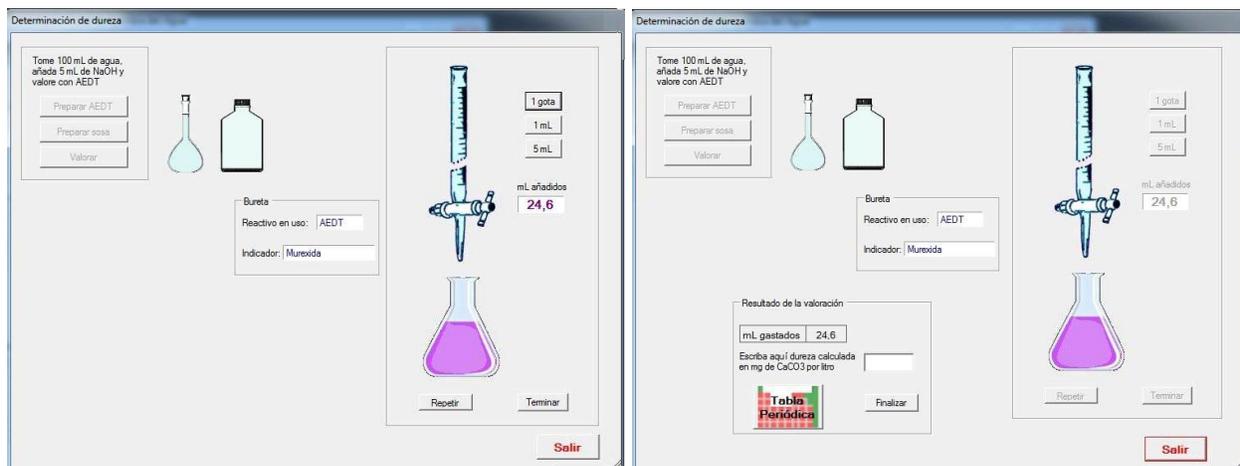
| Valoración HCl | mL HCl | pH |
|----------------|--------|------|
| mL gastados | 0,00 | 7,76 |
| | 0,05 | 6,91 |
| | 0,1 | 6,55 |
| | 0,15 | 6,28 |
| | 0,2 | 6,02 |
| | 0,25 | 5,77 |
| | 0,3 | 5,52 |
| | 0,35 | 5,32 |
| | 0,4 | 5,17 |
| | 0,45 | 5,04 |

pH inicial: 7,76

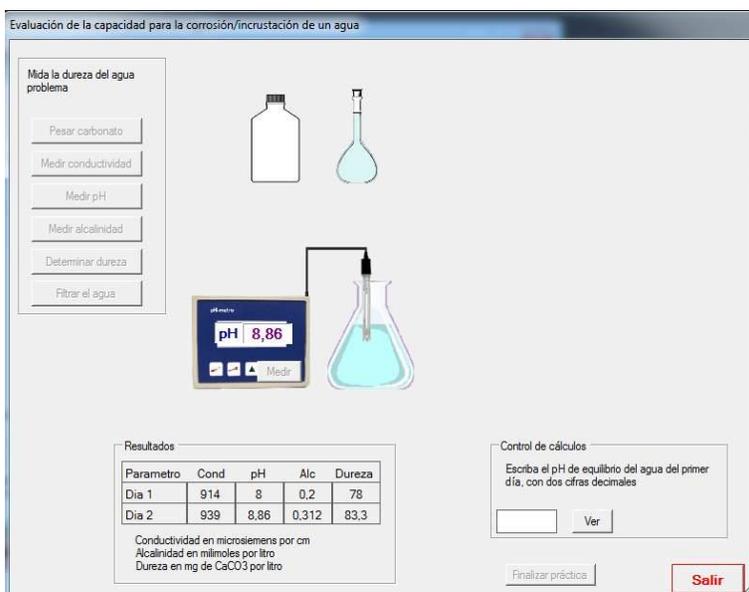
Finalizar práctica

Salir

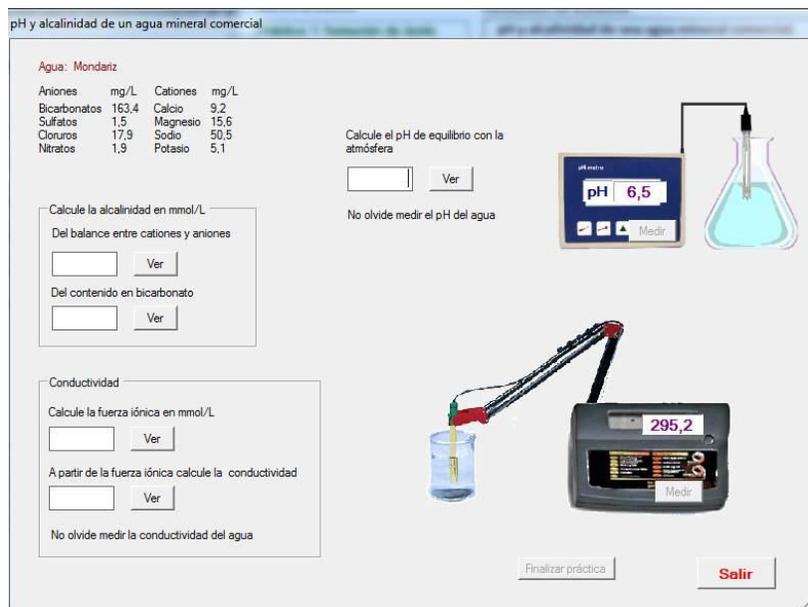
La práctica “**Determinación de dureza**” se realiza por valoración con murexida, con lo que en realidad se obtiene el contenido en calcio. Este es una buena aproximación a la dureza total del agua y suficiente para evaluar las diferentes aguas naturales que se estudian en la asignatura.



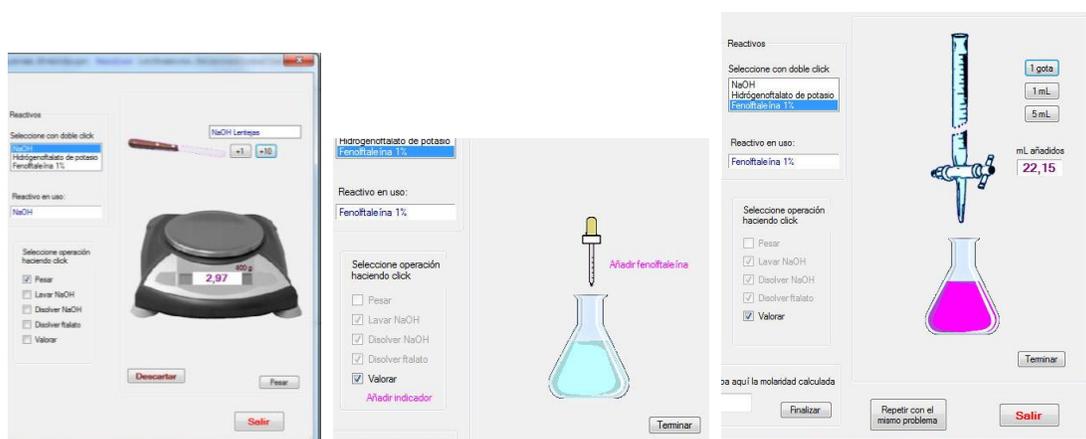
La práctica “**Evaluación de la capacidad para la corrosión/incrustación de un agua**” es un compendio de todas las anteriores y se hace uso de las medidas ya aprendidas para hacer un estudio completo de un agua problema. Sobre la base del pH, alcalinidad, conductividad y dureza se evalúa la capacidad de un agua para interactuar con el sistema de carbonatos de calcio y de magnesio.



La práctica “**pH y alcalinidad de una agua mineral comercial**” utiliza una base de datos de más de treinta aguas minerales envasadas comerciales. Se trata, en primer lugar, de establecer los parámetros como alcalinidad y dureza a partir de los datos proporcionados en la etiqueta del agua. Por otra parte, se trata también de, sobre la base de estos mismos datos, predecir el pH de equilibrio carbónico de estas aguas y de comprobarlo experimentalmente.



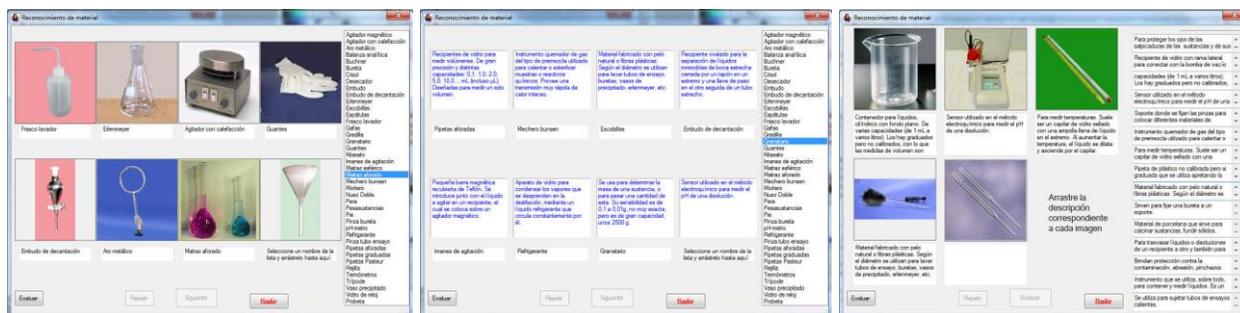
La práctica “**Estandarización de NaOH 0.1M**” debe proporcionar al estudiante la destreza en los cálculos, y en la selección del material adecuado para realizar una valoración ácido-base típica. Debe estar atento al uso del indicador y a la metodología de la valoración.



El estudiante debe realizar pesadas, en granatario para NaOH y en balanza de precisión para el hidrogenoftalato de potasio. Las lentejas de NaOH y la espátula para medidas de precisión tienen un error aleatorio. Una vez pesados los reactivos se realizan las operaciones para disolverlos y colocarlos en los recipientes adecuados. Se añade el indicador y se valora con la bureta. Se realizan las operaciones dos veces y el estudiante debe introducir el resultado de la valoración y el programa evalúa si es correcto.

La práctica “**Reconocimiento de material de laboratorio**” permite desarrollar la destreza en la identificación inmediata, a golpe de vista, del material básico de laboratorio y de su utilidad, lo cual redundará en la seguridad y evita errores comunes como el uso de materiales de medida no adecuados al propósito perseguido.

La práctica se desarrolla en tres fases. En la primera se presentan aleatoriamente las fotografías de ocho instrumentos o materiales de laboratorio que deben ser asociados a su nombre, que se selecciona de una lista. No se permiten más de dos errores. En caso de que no se supere el test, se genera una nueva colección de fotografías y se comienza de nuevo. No se puede pasar a la siguiente fase si esta no se supera.



Fase 1

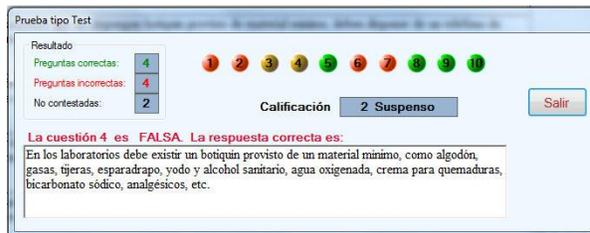
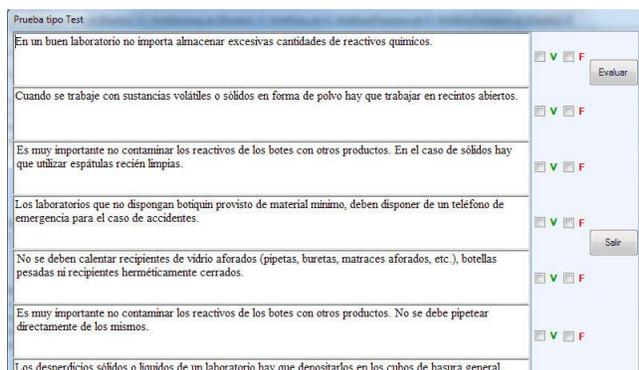
Fase 2

Fase 3

La segunda fase consiste en la presentación, también de manera aleatoria, de las descripciones de ocho instrumentos o materiales de laboratorio que deben ser asociados a su nombre, que se selecciona de una lista. No se permiten más de dos errores. De nuevo, no se puede pasar a la siguiente fase si esta no se supera.

La tercera fase consiste en la presentación, también de manera aleatoria, de las fotografías de cinco instrumentos o materiales de laboratorio que deben ser asociados a sus descripciones, que se seleccionan de una lista. No se permiten errores.

La práctica “**Seguridad en el laboratorio**” consiste en la generación aleatoria de diez preguntas test sobre seguridad, seleccionadas entre cuarenta preguntas. Se responden con: verdadero, falso o no contesta. Al pulsar el botón evaluar se presenta el número de respuestas acertadas, falladas y no contestadas y, sobre la base de éstas, la calificación obtenida mediante la suma de las acertadas menos la semisuma de las falladas.



6. Utilidad

La utilidad de la metodología aquí presentada se refleja en la capacitación de los estudiantes para entender y realizar los experimentos de laboratorio antes de entrar físicamente en el mismo. El programa presentado no es un laboratorio virtual propiamente dicho, en tanto en cuanto no simula de forma realista un laboratorio de química del agua, sino que presenta paso a paso las operaciones a realizar en el laboratorio para completar la práctica. El estudiante debe realizar correctamente los cálculos, tanto los correspondientes a las diferentes pesadas y medidas, como los que proporcionarán el resultado final buscado (alcalinidad, dureza, pH...). En ambos casos el programa realiza un seguimiento de dichos cálculos y corrige al estudiante en los mismos. Además, guía al estudiante en los pasos que debe seguir para completar la práctica con éxito.

Todo ello proporciona al estudiante una “experiencia” en las operaciones a realizar que le permite acceder al laboratorio real con más seguridad y conocimiento de lo que va a hacer que si no hubiese realizado la práctica virtual.

El programa estará disponible en la plataforma virtual Moodle de la Universidad de Córdoba, así como en la página web de la asignatura *Fisicoquímica de aguas*, para los estudiantes matriculados en la misma, y constituirá una actividad dirigida no presencial evaluable.

8. Bibliografía

- Rodríguez Mellado, J.M., Mayén, M., Rodríguez Amaro, R. y Ruiz Montoya, M. (2013). Preparing the Students for the Laboratory by Means of Virtual Labs. *J. Lab. Chem. Educ.* 1(2) 19-24; DOI: 10.5923/j.jlce.20130102.02
- Rodríguez Mellado, J.M., Mayén, M., Rodríguez Amaro, R. y Ruiz Montoya, M. (2013). Docencia Virtual online y offline en Química: contenidos, materiales audiovisuales, actividades dirigidas, sistemas de estudio y evaluación. X Foro internacional sobre evaluación de la calidad de la investigación y la educación superior. Granada, (España).
- Mayén, M., Ruiz Montoya, M., Rodríguez Mellado, J.M. y Rodríguez Amaro, R. (2011). Laboratorio virtual para actividades dirigidas no presenciales de los contenidos comunes experimentales de Química en los nuevos estudios de grado. VI Reunión Indoquim, Alicante (España)
- Ruiz Montoya, M., Rodríguez Mellado J.M. y Díaz, M.J. (2011). Virtualización de laboratorios: aplicación a la asignatura “Experimentación en Química” del grado de Ingeniería Química Industrial. VI Reunión Indoquim, Alicante (España)