

DESARROLLO DE NUEVAS EXPERIENCIAS COMO ACTIVIDAD OPCIONAL: MEDIDA DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL ASCENSO CAPILAR

Eje 1: Innovación y exploración en cambios de modalidades en cursadas

Leandro Martínez Heredia, Javier García^a, Juan José Romero, Mariano Cipollone, Mónica C. González^b

Cátedra de Fisicoquímica III

a)jgarcia@inifta.unlp.edu.ar, b)mcgonzalez.quim@gmail.com

FISICOQUÍMICA, ACTIVIDADES OPTATIVAS, PLANTEO DE NUEVAS EXPERIENCIAS, TENSIÓN SUPERFICIAL, MÉTODO DEL ASCENSO CAPILAR

RESUMEN

La cátedra de Fisicoquímica III ofrece a los estudiantes la posibilidad de realizar al final de la cursada una actividad opcional de laboratorio denominada “Trabajo Práctico Especial”. Esta actividad se desarrolla en tres etapas: en primer lugar, el estudiante interesado sugiere una actividad a desarrollar basada en alguno de los temas tratados durante la cursada. La posibilidad de implementarla es analizada por los docentes, quienes a tal fin pueden sugerir un número de reformas hacia la misma. La segunda etapa consiste en el desarrollo y puesta a punto de la actividad, la cual corre a cuenta completa por parte del estudiante, bajo la supervisión de los docentes. Por último, la tercera etapa consiste en la presentación de un informe por parte del estudiante y la evaluación del mismo por parte de los docentes. Si las tres etapas son cumplidas satisfactoriamente, al estudiante se le otorga una bonificación en la calificación final de la asignatura.

En el marco de estas actividades, uno de los alumnos planteó la posibilidad de realizar la medida de la tensión superficial usando el método del ascenso capilar, teniendo en cuenta que la cátedra dispone de un catetómetro, y que los demás materiales requeridos son de fácil adquisición. Los resultados fueron altamente satisfactorios, ya que la experiencia resultó muy enriquecedora para el estudiante, y además dio lugar a la realización de un nuevo trabajo práctico de bajo costo, fácil implementación y alto contenido didáctico.

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del 2014, la cátedra de Fisicoquímica III de esta facultad ofrece a los

estudiantes la posibilidad de realizar una actividad opcional llamada “Trabajo Práctico Especial”. El objetivo de estos trabajos prácticos es que los estudiantes interesados propongan una actividad a realizar en el laboratorio que esté relacionada con algunas de las temáticas que se desarrollan en la asignatura. Esta actividad debe ser factible dentro de las posibilidades que ofrece el laboratorio de la cátedra, y se espera que los resultados obtenidos puedan ser usados para implementar un trabajo práctico para generaciones posteriores.

La opción de realizar los trabajos prácticos especiales es planteada al comienzo de la cursada, y en general los docentes solemos proponer algunas temáticas a desarrollar, pero queda abierta a los alumnos la posibilidad de proponer alguna actividad diferente. Como incentivo se comenta a los estudiantes que en caso de realizar el trabajo práctico especial de manera satisfactoria, recibirán una bonificación en la calificación final de la cursada.

El año pasado, el trabajo práctico especial realizado por uno de nuestros alumnos brindó resultados muy positivos, y el motivo de este trabajo es darlos a conocer. En primer lugar, comentaremos brevemente la propuesta realizada, luego describiremos las actividades realizadas, los resultados obtenidos y finalmente extraeremos conclusiones respecto de la utilidad de este tipo de propuestas.

PROPUESTA

Nuestro estudiante estaba interesado en medir la tensión superficial de soluciones de n-butanol por medio del método del ascenso capilar. Para aplicar esta metodología, es necesario conocer con buena precisión el radio del capilar a emplear; por esta razón, la propuesta original incluía tres maneras de medir el mismo, así como también un diseño preliminar del equipo a montar y utilizar, y varias maneras de analizar los resultados, basadas en la bibliografía que había sido sugerida por la cátedra. Dado que una de las tres propuestas nos pareció muy realizable, y que el diseño experimental preliminar era muy bueno, decidimos aceptar la propuesta tal y como estaba, indicándole al estudiante que en nuestra opinión la prioridad sería la puesta a punto del método y no tanto su aplicación a las soluciones de n-butanol.

ACTIVIDAD DESARROLLADA

Una vez evaluada la propuesta del estudiante y realizadas las sugerencias pertinentes, se procedió a realizar la experimentación y posterior puesta a punto del experimento. Las actividades experimentales tomaron tres días, y tanto su organización como su realización corrieron en su totalidad por cuenta del estudiante, prácticamente con mínima supervisión. La cátedra brindó su espacio y equipamiento disponible y se permitió que el estudiante realizara tantos experimentos como considerara convenientes sin interrupción. A continuación enumeramos los detalles más importantes de cada uno de ellos.

Día 1

En la búsqueda bibliográfica previa, se encontró que el método estándar para medir el diámetro del capilar requiere de un microscopio móvil, del cual la cátedra no dispone. Por este motivo, el principal objetivo del primer día de trabajo fue encontrar una manera precisa y sencilla de realizar esta medida.

En primer lugar, se intentó obtener el diámetro mencionado acostando el capilar sobre la mesada y midiendo su diámetro por medio del telescopio del catetómetro. Este método no funcionó ya que la resolución no era suficiente.

En segundo lugar, se pesó el capilar vacío, se lo llenó con agua y se volvió a pesar, obteniendo la masa de líquido que puede contener. Se hizo lo mismo con un capilar de radio conocido. El objetivo era, una vez conocida la masa de agua en el capilar, utilizar la densidad para obtener el volumen del mismo y, suponiendo que el interior del capilar es un cilindro, obtener el radio. Los resultados, al comparar con el radio del capilar conocido, fueron muy distintos, y por lo tanto este método también se descartó.

Día 2

Debido a las dificultades para obtener el radio del capilar por distintos métodos, se decidió medir el ascenso capilar del agua y usar el valor conocido de la tensión superficial de esta sustancia para calcular el radio mencionado. Por lo tanto, se procedió a montar el equipo necesario para realizar la medida. Se puede ver una fotografía del mismo en la figura 1.

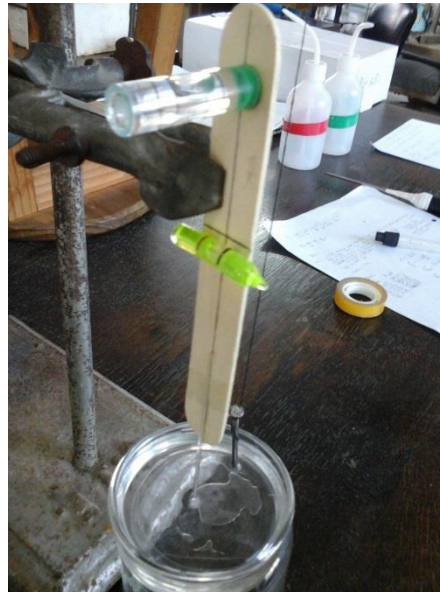


Figura 1. Montaje experimental realizado por el estudiante.

El equipo consiste en un soporte de madera al cual se adhiere el capilar a utilizar por medio de cinta adhesiva. Este soporte contiene dos niveles que permiten asegurar que está posicionado verticalmente, y es sujetado por una agarradera. De esta última se hace colgar una plomada por medio de un hilo; esta plomada queda tocando la superficie del líquido y cumple la función de señalar la posición de la misma (no se puede ver la superficie a través de la pared de la caja de Petri ya que el menisco formado por la superficie del agua lo impide). El capilar se sumerge en el líquido cuya tensión superficial se desea medir, y luego se mide la posición de la superficie del líquido $h_{superficie}$ (es decir, de la punta de la plomada) y la del menisco en el capilar $h_{menisco}$ por medio del catetómetro.

Día 3

En el Día 3 se realizó el mismo procedimiento que en el Día 2, pero se utilizó un clavo como plomada, y se realizaron 5 medidas sobre alcohol absoluto.

DATOS OBTENIDOS

Las alturas de los meniscos y de la superficie del agua que fueron medidas para obtener el radio del capilar se pueden ver en la tabla 1. Las tablas 2 y 3 muestran las mismas medidas para acetona y etanol absoluto, y la tabla 4 muestra una comparación entre los resultados obtenidos en este trabajo y los que se encuentran en literatura (Rumble y Haynes, 2017).

Una vez armado el equipo, usando un clip como plomada, se midió el ascenso capilar de agua, etanol (96°) y acetona por quintuplicado.

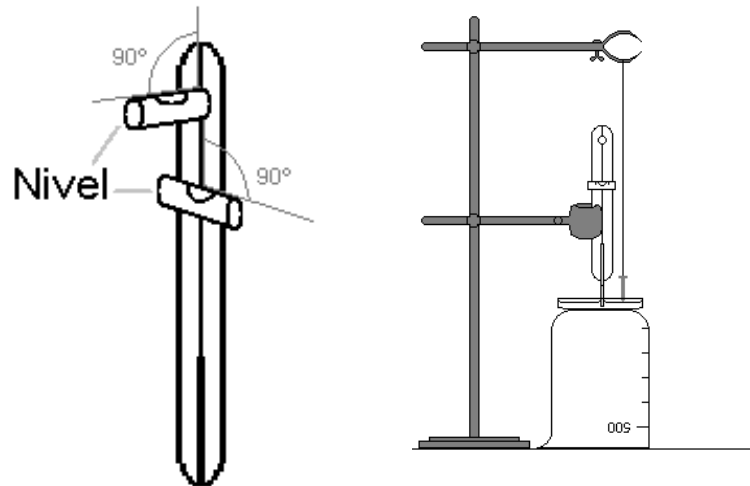


Figura 2. Esquema del diseño experimental realizado por el estudiante.

Medida	$h_{menisco}$	$h_{superficie}$	Δh
1	28,757 cm	26,064 cm	2,693 cm
2	28,641 cm	26,037 cm	2,604 cm
3	28,784 cm	26,065 cm	2,719 cm
4	28,820 cm	26,134 cm	2,686 cm
5	28,776 cm	26,161 cm	2,615 cm
Promedio	28,756 cm	26,0922 cm	2,663 cm
Σ	0,0458 cm	0,0442 cm	0,0431 cm
$\sigma\%$	0,159%	0,170%	1,63%

Tabla 1. Altura de los meniscos y de la superficie del agua. Temperatura de trabajo: 30,9°C. Tensión superficial del agua a 30°C: 71,18 mN/m (Rumble y Haynes, 2017).

Medida	$h_{menisco}$	$h_{superficie}$	Δh	a^2	y
1	27,241	26,357	0,884	0,024412158	18,63672988
2	27,243	25,884	1,359	0,03727641	28,45755686
3	27,276	26,117	1,159	0,031860226	24,32273374
4	27,179	26,239	0,94	0,025928964	19,79468967
5	27,168	26,14	1,028	0,028312391	21,6142452
Prom	27,2214	26,1474	1,074	0,02955803	22,56519107
Desv	0,03832	0,12048	0,148	0,004008231	3,059963383
Desv%	0,140771599	0,460772	13,78026	13,56054719	13,56054719

Tabla 2. Alturas del menisco y de la superficie del líquido, y parámetros a^2 e y de la ecuación de Rayleigh para acetona a 30,9°C.

Medida	$h_{menisco}$	$h_{superficie}$	Δh	a^2	y
1	31,035	30,033	1,002	0,027608211	21,13077216
2	31,123	30,068	1,055	0,029043643	22,2294236
3	31,114	30,061	1,053	0,028989477	22,18796566
4	31,047	30,054	0,993	0,027364453	20,94420523
5	31,019	29,998	1,021	0,028122805	21,52463227
Prom	31,0676	30,0428	1,0248	0,028225718	21,60339978
Desv	0,04072	0,02184	0,02336	0,000632674	0,484235876
Desv%	0,131069024	0,072696	2,279469	2,241479957	2,241479957

Tabla 3. Alturas del menisco y de la superficie del líquido, y parámetros a^2 e y de la ecuación de Rayleigh para etanol absoluto a 30,9°C.

Sustancia	γ_{bib}^{30}	γ_{exp}	$\epsilon_r\%$
Acetona	23,0 mN/m	22,6 mN/m	1,74%
Etanol Absoluto	21,5 mN/m	21,6 mN/m	0,47%

Tabla 4. Comparación entre los valores de tensión superficial obtenidos por medio de la experiencia realizada en la cátedra y los de literatura (Rumble y Haynes, 2017).

ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

Para obtener el radio del capilar, se recurrió a dos métodos. Por un lado se usó la conocida ecuación que describe el ascenso capilar en un tubo de radio pequeño (Adamson y Gast, 1997), y por el otro se recurrió a la ecuación de Rayleigh, la cual depende de dos parámetros a^2 e γ (Rayleigh, 1916). Los valores obtenidos por ambos métodos son respectivamente $0,0545 \text{ cm}$ y $0,0542 \text{ cm}$, y se decidió usar el segundo ya que la expresión deducida por Rayleigh es más precisa. Una vez calculado el radio del capilar usando la medida de ascenso capilar para el agua, se procedió a calcular la tensión superficial de las sustancias restantes.

Como se puede ver en la tabla 4, los resultados obtenidos arrojaron un error del 0,47% y 1,74% para la tensión superficial del etanol y la acetona, respectivamente. Es importante destacar que los resultados fueron analizados en su totalidad por el alumno, a su criterio, y de manera muy satisfactoria.

El informe presentado por el estudiante está muy bien organizado y expone un marco teórico muy amplio, que después desencadena en las ecuaciones que fueron usadas para analizar los datos. Además, cuenta con una descripción muy detallada de los pasos seguidos durante su experiencia, así como también de las complicaciones que pueden surgir al usar esta técnica, y la manera de solucionarlas.

ENTREVISTA CON EL ESTUDIANTE

Previo a la escritura de este Trabajo, se entrevistó al estudiante en cuestión para conocer su opinión respecto de la actividad desarrollada. Esta entrevista fue realizada unos seis meses después del trabajo práctico, y aun así nuestro alumno recuerda con claridad las actividades desarrolladas. A continuación comentaremos brevemente las cuestiones más importantes que fueron discutidas.

Para nuestro alumno, la actividad realizada fue muy provechosa. Comenta que se vio interesado en realizarla ni bien se le mencionó la posibilidad al comienzo de la cursada, y que decidió tratar el método del ascenso capilar ya que es un tema que le interesó, para el cual la cátedra no tenía ningún trabajo práctico implementado al respecto, y que le pareció fácil de aplicar. También comenta que pudo comprender los conceptos que trató en este trabajo práctico en mayor profundidad, como consecuencia de haber tenido que buscar la

información bibliográfica, diseñar el experimento por su cuenta y pensar cómo analizar los resultados. La actividad desarrollada le pareció muy entretenida, ya que fue la primera vez que se le otorgaba tal grado de independencia en una asignatura de la carrera.

Además, considera que la bonificación en la calificación final de la asignatura es un buen incentivo, pero afirma que él hubiera realizado el trabajo práctico especial aún sin este incentivo, ya que disfruta mucho de las actividades de laboratorio. También comenta que le agradó mucho trabajar por su cuenta, y que en ningún momento sintió que le faltó ayuda por parte de los docentes de la cátedra.

Por último, se le preguntó si le hubiera gustado que se cambiara algo respecto de las actividades, a lo cual respondió que estaba conforme con cómo habían transcurrido las mismas.

CONCLUSIONES

Este trabajo muestra la gran importancia que tiene la realización de actividades opcionales como parte de la formación de un estudiante. En particular, un estudiante muy motivado puede embarcarse en experiencias que no solo le son muy provechosas como parte de su proceso de aprendizaje, sino que además los resultados obtenidos pueden ser de utilidad para la cátedra en años posteriores.

Debido a los resultados observados en este trabajo, los trabajos prácticos especiales planteados por nuestra cátedra muestran ser una herramienta valiosa desde el punto de vista pedagógico, ya que permiten que los estudiantes satisfagan sus curiosidades por medio de una experiencia diseñada por ellos mismos. Es necesario destacar la importancia de que el estudiante diseñe su experimento, pues de esa manera el proceso de aprendizaje adopta un nuevo nivel de complejidad: no sólo se aprende sobre la temática en cuestión, sino que además se aprende a diseñar experimentos. Además, debido a que la temática es elegida por el estudiante, es más probable que el mismo se vea más motivado a estudiarla en mayor profundidad.

En este caso particular, los resultados fueron excelentes. El estudiante en cuestión logró superar varias dificultades que son propias del trabajo de un científico, entre ellas, revisar la bibliografía, diseñar el experimento, realizar las modificaciones pertinentes, analizar los resultados, extraer conclusiones y redactar un informe completo. Dado que las actividades

experimentales fueron realizadas por él, no hay nadie mejor para describirlas, y esto se evidencia en la calidad del informe presentado, que fue aprobado casi sin correcciones, así como también en la posterior entrevista.

La cátedra también se ve beneficiada por esta experiencia, ya que consideramos que las actividades desarrolladas, en conjunto con el informe presentado, son suficientes para implementar un trabajo práctico nuevo, a partir del diseño experimental propuesto por el estudiante.

REFERENCIAS

Adamson, A. W. y Gast, A. P. (1996). Physical Chemistry of Surfaces. Estados Unidos: John Wiley & Sons.

Lord Rayleigh (1916). On the Theory of the Capillary Tube. Reino Unido: Proceedings of The Royal Society A 92 184-195.

John Rumble y William M. Haynes (2017). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 98th Edition. CRC Press.