

Una propuesta para la enseñanza de la tensión superficial en la Universidad

A proposal for the teaching of the surface tension at the University

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Carolina Zareba¹, Ignacio Idoyaga^{1,2}

¹Cátedra de Física, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 954. CP 1113AAD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

²Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 954. CP 1113AAD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: czareba@ffyb.uba.ar

Resumen

Se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de Tensión Superficial. Fue diseñada para un segundo curso de física universitaria para las titulaciones en Bioquímica y Farmacia. Desde una perspectiva constructivista se plantearon una serie de actividades tendientes a propiciar el aprendizaje activo, el trabajo colaborativo y la comprensión del carácter modélico de la disciplina. El diseño incluyó el uso de un entorno virtual y de un simulador de toma de decisiones. La propuesta se probó en 2015. Se realizó observación no participante, se recabaron las impresiones de los docentes y los comentarios de los estudiantes. Se registró que los estudiantes y docentes cambiaron su rol respecto a la enseñanza tradicional, que el uso de bibliografía apareció como una necesidad resolutoria ante un problema planteado y que se lograron producciones colaborativas. La propuesta logró una impresión positiva, aunque los resultados deberán ser validados mediante indicadores de aprendizaje.

Palabras clave: Tensión superficial; Propuesta didáctica; Universidad; Enseñanza de la Física.

Abstract

It shows a didactic proposal for teaching Surface Tension. It was designed for a second course of university physics into Biochemistry and Pharmacy careers. From a constructivist perspective a series of activities to promote active learning, collaborative work and understanding of the model character of discipline were raised. The design included the use of a virtual environment and a simulator of decision-making. The proposal was tested in 2015. The non-participant observation was performed and the impressions of teachers and student comments were collected. It was recorded that students and teachers changed their role from the traditional teaching, that the use of literature appeared as a necessity to solving a problem and collaborative productions were achieved. The proposal obtained a positive impression but the results must be validated by learning indicators.

Keywords: Surface Tension; Didactic proposal; University; Physics teaching

I. INTRODUCCIÓN

La investigación en educación en física adopta en sus fundamentos epistemológicos, psicológicos y gnoseológicos la postura constructivista (Moreira, 1993). Sin embargo, en las aulas siguen observándose situaciones propias de un marco positivista. Abundan las estrategias áulicas que suponen absoluta compatibilidad con los alumnos y realismo interpretativo y que transmiten una postura epistemológica diferente a la que declaran los docentes al ser consultados. Una posible causa de esto podría ser la poca práctica en la articulación de enfoques de enseñanza diferentes al tradicional.

En ciencias naturales, en general, y en física, en particular, la situación descrita dificulta que los alumnos comprendan el carácter modélico de la disciplina. La física recurre a la construcción de modelos, que pueden resultar una buena interpretación de la realidad, pero no deben ser confundidos con la realidad misma. Los modelos nunca dejan de ser una conjetura sobre lo real. Nunca pierden su carácter provisional y deben valorarse como instrumentos para producir explicaciones y predicciones de fenómenos (Gala-

govsky y Adúriz-Bravo, 2001). La educación científica debería ayudar a los alumnos a construir sus propios modelos, pero también a interrogarlos y describirlos a partir de los elaborados por otros (Pozo, 1999).

Por otro lado, tendencias actuales buscan propiciar el aprendizaje activo y proponen usar problemas ricos en contexto o casos como puntos de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos (Bueno y Fitzgerald, 2004). Para esto se deben diseñar actividades que permitan a los alumnos desempeñarse con cierta independencia. Esto no sólo favorece la motivación, sino que aborda el problema de la significación.

Por tanto, el propósito de este trabajo es presentar una propuesta didáctica diseñada desde una perspectiva constructivista que facilite a los estudiantes la apropiación del concepto de Tensión Superficial (TS). Que les permita proponer y discutir modelos y que los enfrente a problemas reales. Esta propuesta pretende ser el punto de partida para construir y validar una Secuencia Enseñanza Aprendizaje sobre el tópico (Furió y otros, 2012). La propuesta está diseñada para un segundo curso de Física universitaria, que forma parte de los planes de estudio de las carreras de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires.

El concepto de TS se emplea para hacer referencia a la energía necesaria para incrementar la superficie de una interface entre dos fluidos por unidad de área. Este fenómeno puede entenderse teniendo en cuenta las fuerzas de cohesión intermoleculares. Como el radio de acción de las fuerzas intermoleculares es relativamente pequeño, abarca a las moléculas vecinas más cercanas; la resultante de las fuerzas que actúan sobre una molécula que se encuentra en el seno de un fluido es nula. En cambio, para una molécula que se encuentra en la interface no lo es, determinando así, un estado energético menos favorable. Por ende, el sistema tiende a minimizar la superficie de la interface. Esta tendencia se manifiesta como fuerzas de TS tangenciales a la superficie de la interface. Estas fuerzas serán proporcionales al perímetro de cualquier deformación provocada. La dependencia del módulo de estas fuerzas con respecto a la naturaleza de los fluidos involucrados, lleva a proponer el coeficiente de TS como propiedad intensiva de la interfase, altamente dependiente de la temperatura.

En ciencias de la salud, en general, y en bioquímica y farmacia, en particular, son muchos los escenarios de actuación profesional que requieren una acabada comprensión del fenómeno de TS. La producción y utilización en distintas terapias de surfactantes, sustancias tensioactivas capaces de modificar el coeficiente de TS de las interfaces, es una práctica habitual. Un ejemplo contundente es el uso de surfactantes obtenidos por procesos químicos o biotecnológicos en la terapéutica de pacientes neonatos con patologías respiratorias. En la industria farmacéutica la determinación del coeficiente de TS forma parte de una importante cantidad de los procedimientos operativos estandarizados. De igual modo, en la bioquímica clínica, algunas prácticas buscan estimar la presencia de tensioactivos en distintas matrices. En la industria alimenticia y cosmética, la estabilización de emulsiones requiere el empleo imprescindible de sustancias tensioactivas. Por lo que, queda manifiesta la necesidad de prestar particular atención a la enseñanza de este contenido.

Es oportuno agregar que al enseñar el concepto de TS, encontramos una oportunidad inmejorable para indagar las ideas previas de equilibrio de fuerzas (dinámica), hidrostática y trabajo y energía (mecánica), y para volver a trabajar la descomposición de fuerzas de acuerdo a su ángulo de aplicación y el uso del álgebra vectorial.

Para definir los objetivos de aprendizaje y estructurar la propuesta se consideraron los resultados de investigaciones anteriores (Leach y Scott, 2003). Se tuvo en cuenta que:

- Desde un enfoque constructivista, una propuesta debe diseñarse en forma de programa de actividades (Meheut, 2004).
- Los estudiantes poseen concepciones alternativas sobre los fenómenos en estudio, que son contextualmente válidas y racionales y pueden servir de guía a concepciones más fructíferas aún, las concepciones científicas.
- El análisis histórico ha permitido determinar las principales dificultades epistemológicas y los argumentos utilizados para construir nuevos modelos explicativos (Wandersee y otros, 1994).
- El docente debe brindar los apoyos necesarios para que el estudiante construya el conocimiento. Su función es mediar la construcción (Coll y otros, 2008).
- Para atender a los aspectos emocionales y favorecer procesos cognitivos con los que están estrechamente vinculados (Zembylas, 2005), se deben incluir actividades que desarrollen aspectos propios del ejercicio profesional.
- Estudiantes universitarios y sujetos titulados en ciencias presentan dificultades para construir y procesar gráficos (Pozo y Flores, 2007; Alvarez Tamayo, 2011; Solar y otros, 2015).
- La actividad experimental actual frecuentemente exige que los estudiantes realicen numerosas tareas que pueden constituir interferencias que dificultan percibir claramente las señales de aprendizaje (Hodson, 1994).

En suma, la propuesta pretende que los estudiantes a partir del estudio del fenómeno de TS, resignifiquen una serie de conceptos ya aprendidos, que añadan nuevos conocimientos, habilidades y valores (Guisasola y otros, 2008) y los pongan en práctica para resolver una serie de actividades en forma de estructura problematizada.

II. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESUMEN

A. La asignatura

La propuesta fue diseñada para la asignatura Física correspondiente a los planes de estudio de Bioquímica y Farmacia de la Universidad de Buenos Aires. Se trata de un segundo curso de física universitaria. La asignatura se desarrolla durante un cuatrimestre y consta de dos encuentros semanales de tres horas de duración cada uno. La selección de contenidos y las prácticas propuestas están fuertemente orientadas a las necesidades de las titulaciones. Los temas desarrollados son metrología, determinación de propiedades en fluidos, entre estas el coeficiente de tensión superficial, electricidad (con énfasis en electroforesis), electromagnetismo (con gran desarrollo de la espectroscopia de masas), interacción de la luz con la materia (espectroscopias y espectrofotometrías), radioactividad e introducción a la física cuántica.

La asignatura cuenta con un completo Entorno de Enseñanza Aprendizaje montado en la plataforma MOODLE. Los estudiantes y docentes están habituados a trabajar en foros y wikis.

B. Participantes

La propuesta se probó en septiembre de 2015 con un grupo de clase de 33 estudiantes. El grupo estaba a cargo de un equipo docente integrado por un jefe de trabajos prácticos (JTP) de 15 años de antigüedad docente y tres ayudantes de alrededor de 5 años de antigüedad docente. Un segundo jefe de trabajos prácticos ofició de observador no participante.

C. Objetivos de aprendizaje

Son objetivos de esta propuesta que el estudiante logre:

- Comprender el concepto de TS, su origen y relación con las fuerzas intermoleculares, la acción de las fuerzas de TS, la acción de tensioactivos, la definición de coeficiente de TS como propiedad intensiva y la relevancia de todo esto en el marco de la titulación.
- Interpretar aspectos de la naturaleza de la Física, entendiendo su carácter eminentemente experimental y dando cuenta del carácter modélico y provisional del conocimiento físico.
- Entender el proceso de medición y la importancia de estimar el error.
- Reconocer y describir el equilibrio de sólidos y fluidos.
- Analizar fenómenos naturales en términos de fuerzas, trabajo y energía.
- Dominar diferentes sistemas representacionales: matemático y gráfico.
- Resolver problemas contextualizados en el campo del ejercicio profesional.
- Operar correctamente balanzas picnómetros y tensiómetros.
- Realizar trabajo colaborativo.
- Debatir con los profesores y compañeros argumentando su posición.

D. Desarrollo

Se desarrolló en 3 encuentros de 3 horas cada uno y un trabajo domiciliario en un simulador de toma de decisiones.

Primer encuentro (3 horas): Se propusieron 3 actividades.

Actividad 1 (60 minutos). Se interrogó a los estudiantes sobre sus ideas previas. Se recuperaron el concepto de densidad, los métodos para la determinación de densidad (líquidos y sólidos) y los casos de flotación.

Actividad 2 (90 minutos). Para la segunda actividad se dividió a los estudiantes en seis grupos de alrededor de 5 integrantes cada uno. Cada ayudante tenía encomendado tutorizar dos grupos. Se propuso que determinaran por picnometría la densidad del agua a temperatura ambiente y la densidad de un material sólido, en este caso chinchas de metal. Disponían de gran variedad de picnómetros, balanzas analíticas (aproximación 0.001g), pipetas, agua destilada y varios paquetes de chinchas de metal. Finalizada la de-

terminación los estudiantes compartieron en el plenario sus resultados y discutieron el tratamiento del error.

Actividad 3 (30 minutos). El jefe de trabajos prácticos mostró al grupo de clase cómo logró que una chinche quedara suspendida en la superficie del agua contenida en una placa de Petri (Figura 1). Para que los estudiantes percibieran mejor la deformación de la superficie colocó una hoja de papel milimetrado por debajo.

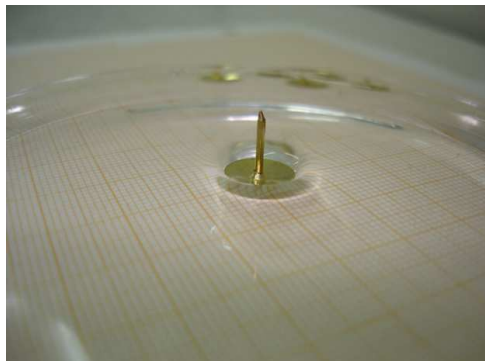


FIGURA 1. Se muestra a la chinche apoyada sobre la superficie del agua contenida en una placa de Petri, por debajo se colocó una hoja de papel milimetrado.

Luego planteó una serie de interrogantes: ¿Qué observan? ¿Por qué la chinche no se hunde? ¿Puede estar flotando? ¿Qué fuerzas intervienen? ¿Cómo es el equilibrio de fuerzas? ¿Cómo sería el diagrama de cuerpo libre?

Seguido, los estudiantes retomaron el trabajo en pequeños grupos. Se les proveyó los materiales para que repitiesen la experiencia. Los ayudantes participaron e incentivaron las discusiones, finalmente problematizaron la situación e indicaron a los estudiantes que para el próximo encuentro deberían “explicar por qué la chinche no se hunde”. Para esto los estudiantes debieron recurrir a la bibliografía sugerida y contaron con un foro en el entorno virtual de la asignatura para realizar consultas y articular discusiones guiadas por los docentes. La explicación debía plasmarse a través de un escrito colaborativo desarrollado con tecnología wiki en un mismo entorno.

Segundo encuentro (3 horas): Se propusieron nuevamente 3 actividades.

Actividad 1 (40 minutos). Se organizó un debate en plenario, en el cual el JTP ofició de moderador. Cada uno de los grupos presentó su documento colaborativo y argumentó su postura respondiendo consultas y cuestionamientos de compañeros y docentes. Se consensuó una postura común. El resultado acordado fue el esperado, la explicación propuso que el peso de la chinche era equilibrado por la fuerza de tensión superficial. Los docentes introdujeron aspectos energéticos de la TS y esbozaron su naturaleza íntimamente relacionada con las fuerzas de cohesión intermoleculares. Hacia el final se invitó a los estudiantes a realizar mediciones para fortalecer la explicación, se requirió que determinen el coeficiente de TS del agua, el peso y el perímetro de la chinche.

Actividad 2 (90 minutos). En pequeños grupos y con la tutorización de los ayudantes, los estudiantes trabajaron con tensiómetros de Lecompte du Noüy. Realizaron la calibración del instrumento y procedieron a la determinación del coeficiente de tensión superficial del agua a temperatura ambiente. Construyeron el gráfico de calibración y discutieron cómo se vería afectado si se modificaran variables experimentales. Paralelamente pesaron la chinche y midieron su diámetro para calcular el perímetro. Contaron con tensiómetros, placas de Petri, anillos, material de referencia (pesas), balanzas analíticas (aproximación 0.001g), agua destilada y calibre (aproximación 0.05mm). Finalizada la tarea los estudiantes compartieron en el plenario sus resultados y discutieron el tratamiento del error.




Actividad 3 (50 minutos). El JTP en base al análisis de los resultados presentó a los estudiantes un nuevo problema: “la fuerza de TS no logra compensar el peso de la chinche”. Analizando el caso extremo, en que la fuerza de TS es completamente normal, considerando el coeficiente y el perímetro ($Fuerza\ de\ TS = coeficiente\ de\ TS \cdot perímetro$), se demostró que la fuerza de tensión superficial no equilibraba al peso. Se desarrolló un rico debate donde se propuso que era la sumatoria entre la componente normal de la fuerza de tensión superficial y el empuje lo que equilibraba al peso. Se invitó a los estudiantes a reformular sus escritos colaborativos para incluir estas nuevas discusiones.

Tercer encuentro (3 horas): Se propusieron tres actividades.

Actividad 1 (60 minutos). Se organizó un debate en plenario donde los estudiantes pusieron en común las modificaciones que tuvieron que incorporar a sus explicaciones colaborativas. Se reafirmó el acuerdo, el peso de la chinche es equilibrado por la acción conjunta de la fuerza de TS y el empuje. Esto llevó a reconceptualizar el concepto de empuje. El JTP marcó fuertemente cómo se había trabajado modelizando, poniendo a prueba los modelos acordados y modificándolos según los resultados.

Actividad 2 (60 minutos). Se organizó a los estudiantes nuevamente en pequeños grupos. Se los instruyó para realizar una serie de actividades experimentales simples. Cada grupo teniendo en cuenta los acuerdos alcanzados en plenario debió generar modelos que explicaran las actividades. Las consignas de las actividades propuestas y las ilustraciones que las acompañaron se muestran en la Tabla I.

TABLA I. Actividades propuestas para evidenciar el fenómeno de tensión superficial.

Título	Consigna	Ilustración
Uso de tensioactivos	Llenen un recipiente con agua y apoyen una chinche sobre la superficie del líquido. ¿Qué observan? Realicen un esquema que incluya las fuerzas intervinientes. Agreguen una gota de agua. ¿Qué observan? Agreguen una gota de detergente. ¿Qué observan? Realicen un esquema que incluya las fuerzas intervinientes.	
Capilares	Apoyen capilares de distinto diámetro sobre una cápsula de Petri que contenga una cantidad pequeña y uniforme de agua. ¿Qué observan? Justifiquen. Despeguen ahora los capilares de la superficie del líquido. ¿Qué sucede con el líquido dentro de los capilares? Justifiquen.	
Un barco de propulsión tensioactiva	Llenen un recipiente con agua y depositen sobre la superficie del líquido un barquito que tiene en su popa un orificio que comunica con el exterior. Agreguen una gota de agua en su popa. ¿Qué sucede? Repitan la operación varias veces. A continuación, agreguen una gota de alcohol en su popa. ¿Qué sucede? Realicen un esquema que incluya las fuerzas intervinientes, comparando la situación anterior y la posterior al agregado de la gota. Usen en lugar de alcohol detergente. ¿Que observan?	

Actividad 3 (60 minutos). Se volcaron en plenario las explicaciones de cada actividad experimental simple logradas por los grupos de trabajo. Se discutió la posibilidad de consensuar un modelo que explicara todas las experiencias observadas. Se retomaron algunos conceptos que los equipos rescataron de las búsquedas bibliográficas y se logró una completa exposición del concepto de TS. Así mismo se presentó un modelo submicroscópico, se plantearon la existencia de fuerzas de adhesión y cohesión, se presentó la ley de ascenso capilar y la idea de concentración micelar crítica (relacionada con la experiencia del barco). Así, hacia el final el JTP invitó a los estudiantes a ponerse a prueba con la realización de una tarea en un simulador de toma de decisiones.

Trabajo con simulador de toma de decisiones: La última actividad de la propuesta se construyó en el simulador de toma de decisiones USINA. Se trata de un desarrollo de la Universidad de Buenos Aires que está a disposición de los docentes. Este simulador permite montar un problema rico en contexto y requiere de los estudiantes que tomen decisiones para resolverlo. En el caso particular de la propuesta se situó al estudiante como responsable del área de producción de un laboratorio de especialidades medicinales. El problema presentado estaba en relación con una presentación en gotas. El fin de la tarea era recorrer la documentación, imágenes, informes y datos, para lograr entender que al ajustar el coeficiente de TS del medicamento se solucionaría el problema. Lo rico de la tarea fue que el estudiante debió tener en cuenta cuestiones propias de las carreras como costo, toxicidad, entre otras.

La actividad se realizó de forma individual. En el entorno virtual de la asignatura se abrió un foro en el que los estudiantes abordaron discusiones y los docentes aprovecharon para cerrar la secuencia.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar una valoración de la propuesta se consideraron las observaciones del JTP que ofició de observador no participante, se consultó a los docentes participantes y se revisaron los comentarios en los foros del entorno virtual, el historial del wiki de cada grupo y el registro de USINA. Paralelamente se pidió a algunos estudiantes permiso para sacar copia sus apuntes. Esto no pretendió hacerse de manera sistemática de modo de poder proceder a una evaluación completa del diseño sino para obtener insumos que enriquezcan la reflexión del equipo docente.

El primer punto a destacar, que se refleja en las observaciones y en los comentarios del equipo docente es que se cumplieron los tiempos estipulados en la planificación. Los docentes comentaron que el ritmo impuesto por la propuesta exige dinamismo y rigurosidad en el cumplimiento de los plazos de cada actividad. En este punto es donde resultó fundamental extender el aula al entorno virtual, para continuar allí con algunas discusiones planteadas en los encuentros, proponer actividades de producción y tutorizar a los estudiantes. Es importante reiterar que tanto el equipo docente como los alumnos están familiarizados con el trabajo en entornos virtuales y que la institución promueve su uso. Todos los docentes involucrados recibieron formación específica en el uso de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje.

En términos generales, paulatinamente se logró que los estudiantes tomaran una postura activa y mostraran cierto grado de independencia, participando de forma continua de cada una de las actividades propuestas. Así mismo, los docentes lograron asumir un rol tutorial bidireccional dejando de lado su usual rol activo monodireccional. Esto quedó de manifiesto en las observaciones que dan cuenta de un incremento en la interacción de los estudiantes con los docentes y entre pares, perdiendo en forma gradual el miedo a equivocarse y participar.

Rescatar contenidos trabajados con anterioridad o concepciones alternativas de los alumnos suele ser una tarea no considerada. En esta propuesta esto estaba planteado y planificado como una actividad. Los docentes comentaron que esta práctica les permitió conocer al grupo. Posiblemente esto haya permitido a los docentes catalizar con mayor facilidad la resignificación de ideas y conceptos.

En el primer encuentro el tiempo destinado a indagar a los estudiantes sobre contenidos de hidrostática y métodos para la determinación de la densidad resultó escaso, sin embargo, los ayudantes comentaron que pudieron seguir recuperando estas ideas realizando preguntas a los grupos mientras que procedían a medir la densidad del agua y la chinche. En esta actividad, según las observaciones los estudiantes se mostraron demandantes con los ayudantes, que siguiendo con las indicaciones de la planificación no abandonaron su rol de consultores. Dentro de cada grupo emergieron liderazgos, que en la mayoría de los casos dinamizaron la tarea.

Hacia el final del encuentro, al presentar el JTP la experiencia en que la chinche queda suspendida en la superficie del agua, muchos estudiantes intentaron adelantar respuestas, se mostraron interesados y repitieron la experiencia en los grupos, miraron de cerca e incluso tomaron registro con sus celulares. Dentro de los grupos varios estudiantes entraron a internet en búsqueda de respuesta. Todo esto nos permite suponer que percibieron lo presentado como un problema. Por lo que, el uso de bibliografía aparece a través de una necesidad resolutive fundamentada en un problema planteado, antes que una obligación de lectura para cumplir un requisito teórico.

La experiencia de la escritura colaborativa requirió varias intervenciones de los docentes, de manera reiterada debieron remarcar en los foros que se pretendía un único documento con coherencia interna. Esto claramente requirió que los estudiantes pusieran en juego habilidades comunicativas, buscaran acuerdos y argumentaran sus posiciones. Revisando el historial se notó que no todos los integrantes de cada grupo de trabajo participaron y que no todas las intervenciones resultaron tener el mismo nivel de sofisticación. Lo que se puede decir es que los productos generados antes del segundo encuentro reflejaron una búsqueda bibliográfica que excedió el material recomendado.

En la observación destaca la práctica del debate y cómo a lo largo de los encuentros los alumnos se involucraron más y afinaron sus estrategias argumentativas. En el segundo encuentro los estudiantes defendieron sus explicaciones y los docentes, no sin esfuerzo, según refieren, asumieron el rol de moderadores. La realización de mediciones y el entendimiento de que las fuerzas de TS no eran de magnitud suficiente para compensar al peso, nuevamente plantea un problema que deberá ser resuelto con un genuino esfuerzo intelectual del grupo de trabajo. Algunos estudiantes plasmaron esta impresión en sus apuntes de clase (Figura 2).

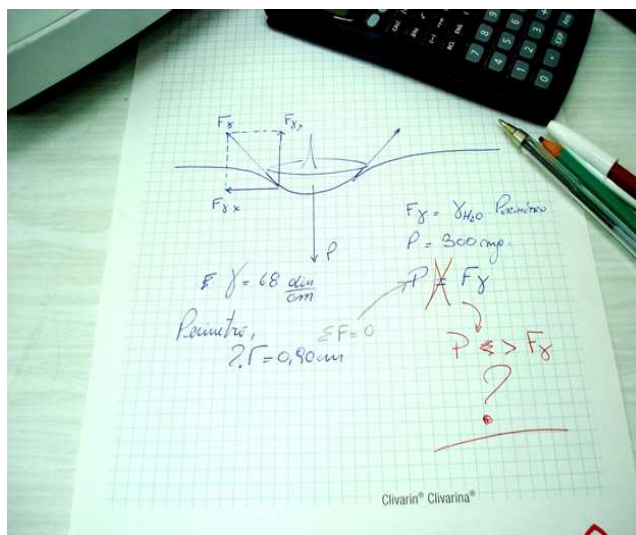


FIGURA 2. Apunte de clase de un estudiante.

La apreciación general de los docentes fue que esta propuesta permitió que los conceptos, modelos o teorías no sean transmitidos de forma directa, sino que se construyan activamente a partir de una experiencia grupal guiada y tutorizada por los docentes.

En la reescritura de los documentos colaborativos y en los comentarios de los estudiantes, en clase y en los foros del espacio virtual, aparecieron gran cantidad de indicios que permiten pensar que comenzaron a comprender la naturaleza modélica de la disciplina. Como ejemplo podemos mencionar frases como “este modelo seguro es mejor”, “esta explicación es más abarcativa”, “vamos a ponerlo a prueba”, entre otras. Probablemente un detenido estudio de las observaciones y los materiales generados podría permitir evidenciar cambios en las posturas epistemológicas.

De los comentarios de los docentes y los apuntes de los estudiantes se desprende el detenido trabajo realizado en la calibración de instrumentos. Esto permitió abordar cuestiones relacionadas con la información gráfica. Este punto resulta fundamental dada la naturaleza semiótica de la ciencia, un aspecto que no puede dejar de ser considerado en el diseño de secuencias.

La elección de actividades experimentales simples en el tercer encuentro, en lugar de complejas prácticas de laboratorio permitió que los estudiantes las repitieran varias veces, introdujeran cambios y se manejaran con independencia. Se mostraron interesados. La simpleza de las prácticas permitió que las actividades se desarrollaran dinámicamente.

Finalmente, el trabajo en USINA permitió presentar el concepto de TS, vinculado a sus distintas aplicaciones prácticas en la realidad profesional de las titulaciones, los alumnos refirieron estar muy interesados en la simulación. Varios de ellos completaron la tarea reiteradas veces, tomando decisiones diferentes para obtener distintos resultados. Se los percibió motivados y sobre todo la TS cobró sentido en el marco de problemas propios de la realidad profesional.

Al parecer de los docentes los estudiantes lograron construir un acabado concepto de TS, comprendieron sus relaciones con los problemas de la profesión, lograron representar gráficamente las fuerzas de TS y determinar coeficientes al tiempo que trabajaron otros contenidos de la asignatura.

Varias de las actividades propuestas se llevaron adelante en grupos de trabajo, que al paso de los encuentros se mostraron más sólidos. Una de las aptitudes de un profesional, está representada con la disposición para el trabajar en equipo, de esta manera, la propuesta apoya esta realidad, ayudando a los estudiantes en el desarrollo del respeto, la responsabilidad grupal y la elaboración de consensos.

En suma, la propuesta combinó procedimientos tanto intelectuales como sensoriomotores y fundamentalmente propició el trabajo en equipo, la discusión y la reflexión. La valoración fue positiva y se cree que favoreció el aprendizaje de los estudiantes sobre un tópico que resulta central y permitió la resignificación y recontextualización de otros, al tiempo que promovió la apropiación de habilidades y valores. Sin embargo, su real resultado deberá ser validado mediante la creación e implementación de indicadores de aprendizaje. Debe entenderse este trabajo sólo como el punto de partida para el desarrollo de una secuencia enseñanza aprendizaje.

Por ende, el análisis de esta propuesta invita a pensar que mejoramiento de educación científica debe basarse en hacer participar a los estudiantes de las actividades, las formas de pensamiento y los modelos y teorías propios de la ciencia como discurso social.

REFERENCIAS

- Álvarez Tamayo, O. (2011). Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto Transporte celular en estudiantes universitarios. (Tesis inédita de Maestría). Universidad de Manizales. Colombia.
- Bueno, P. M. y Fitzgerald, V. L. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157.
- Coll, C., Mauri, T., y Onrubia, J. (2008). La utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación: Del diseño tecno-pedagógico a las prácticas de uso. *Psicología de la educación virtual*, 74-103.
- Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C. y Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113-128.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- Guisasola, J., Furió, C. y Ceberio, M (2008). Science Education based on developing guided research. *Science Education in Focus*, 173-201.
- Hodson, D. (1994). Redefining and reorienting practical work in school science. *Teching Science*. 159-163.
- Leach, J. y Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. *Science and Education*, 12(1), 91-113.
- Meheut, M. (2004). Designing and validation two teaching-learning sequences about particle models. *International Journal of Science Education*, 26(5), 605-618.
- Moreira, M. (1993). Sobre la enseñanza del método científico. *Memoria REF VIII*, 3-12.
- Pozo, J. I. y Flores, F. (2007). Capítulo 1. Introducción: el cambio conceptual y representacional desde la epistemología, la psicología y la educación. En *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Madrid: A. Machado Libros.
- Pozo, J. I. (1999). *Aprendices y Maestros: la nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza.
- Solar, H., Deulofeu, J. y Azcárate, C. (2015). Modeling competence in functional graph interpretation. *Enseñanza de las ciencias*, 33(2), 191-210.
- Wandersee, J.H., Mintzes y Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En Gabel D.L. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 177-120. Nueva York: McMillan Publishing Co.
- Zembylas, M. (2005). Three Perspectives on linking the Cognitive and the Emotional in Science Learning: Conceptual Change, Socio-Constructivism and Poststructuralism. *Studies. Science Education*, 41, 91-115.