

## UNA FÍSICO-QUÍMICA ALTERNATIVA PARA INGENIERÍA QUÍMICA

Pedro Flores<sup>(1)\*</sup> y M. R. Soriano<sup>(2)</sup>

1. *Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), J.M. Gutiérrez 1150, B1613GSX, Los Polvorines, Prov. de Buenos Aires, Argentina*

2. *Facultad Regional Buenos Aires (UTN), Medrano 951, C1179AAQ, C. A. Buenos Aires, Argentina*

E-mail: paflores@ungs.edu.ar

### Resumen

Diseño de una Físico-Química para Ingeniería Química, orientada a la resolución de problemas reales, tomando como referencia datos experimentales y problemáticas de interés industrial. A partir del diseño curricular del plan de carrera original, se hace especial énfasis en que los estudiantes enfrentarán los retos del siglo XXI y deben recibir el conocimiento y las habilidades para desarrollarse plenamente. Se recurre a estrategias de enseñanza alternativas (POGIL).

**Palabras Clave:** Físicoquímica, Ingeniería, POGIL

### Introducción y objetivos

Hay poco material bibliográfico dirigido a una físicoquímica para ingenieros. Los textos de Físico-Química en general no tienen una visión, ni aplicaciones, ingenieriles y abarcan una serie de temas que no aparecen en los programas de Ingeniería (por ejemplo: Introducción a Termodinámica, Estructura de la Materia, Mecánica Cuántica, etc.). Los libros de Termodinámica para Ingenieros pueden ser una guía interesante, pero se trata de termodinámica muchas veces para sistemas de un componente o los principios que los estudiantes de Ingeniería desarrollan en la asignatura Termodinámica. En este caso, se trata de una Físico-Química sobre sistemas multicomponentes en situaciones reales, que son aquellos con los que deberá enfrentarse el ingeniero en su vida profesional.

Este trabajo presenta una Físico-Química para Ingeniería Química más centrada en problemas reales y datos experimentales. Se propone brindar igual protagonismo a la práctica y a la teoría. Se recurre a un aprendizaje orientado [1] basado en preguntas guía que llevan a los estudiantes a descubrir el sentido de los temas, para poder hacer ellos mismos buenas y nuevas preguntas que los lleven a un aprendizaje duradero.

### Antecedentes y fundamentos

La Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) ha venido construyendo desde su fundación (en 1992) un Área de Química (AQ) centrada específicamente en Química Ambiental y Química de Plaguicidas. Estas dos corrientes principales se erigieron en torno a las problemáticas del Segundo Cordón del Conurbano: la contaminación urbana y la actividad frutihortícola [2].

Con el paso del tiempo, esta incumbencia se fue articulando con la creación de la Tecnicatura Superior en Química en 2013. Se buscaba así dar respuesta a la demanda de mano de obra calificada de las industrias cercanas (principalmente, los polos industriales de Pilar, Tortuguitas y Zárate-Campana, ver *Figura 1*) y del estudiantado que veía en la química una valiosa oportunidad laboral. Además, permitía ampliar el campo de acción de los profesionales del AQ (biólogos, ingenieros, profesores, químicos y técnicos).

Con el crecimiento exponencial de la matrícula de la Tecnicatura, se dio el paso para la creación de la Ingeniería en Química en 2014. Para esta carrera se contó con el trabajo conjunto del AQ (que responde al Instituto de Ciencias) y del Instituto de Industrias (que abarca las carreras de ingeniería). Los primeros se encargan de la formación científica básica, mientras que los segundos lo hacen en la formación profesional aplicada.

Así, el segundo semestre de 2014 se inauguró la primera materia de Ingeniería Química organizada por el AQ: Físico-Química. Esta materia debía responder a las necesidades formativas

del futuro ingeniero: trabajar con aplicaciones tecnológicas reales y considerar factores poco mirados por los académicos (costos, tiempos, etc.), etc. Pero era necesario otorgar una perspectiva valiosa a la teoría que da origen a los fenómenos físico-químicos más importantes.



Figura 1. Parques Industriales y la Universidad

Los estudiantes de hoy traen sin duda nuevos hábitos incorporados: la dependencia con redes sociales y dispositivos de pantallas activas. Es habitual ver a los jóvenes caminar, estar en una reunión con amigos o viajando, absortos en sus pantallas. Esto también ocurre en las aulas durante una clase tradicional: leen sus pantallas, fotografían pizarrones, escriben y participan poco. Pero a la vez, esta generación en su gran mayoría rechaza tareas repetitivas o monótonas, sienten que la variedad y el cambio enriquecen y buscan sus propios caminos para resolver problemas de forma poco convencional. Se puede decir que han crecido con Internet y conocen el poder que da la información. Los profesores universitarios buscan adecuarse al siglo XXI y a los estudiantes contemporáneos, para trabajar a diario sobre una formación de alta calidad. Si en el aula se les ofrece trabajar en forma más interactiva, un lugar donde desarrollar y discutir ideas, aceptan de buen grado el desafío. No se deben desaprovechar estas nuevas condiciones.

### Descripción de la propuesta

La propuesta para la materia de Físico-Química puede estipularse en seis ejes:

#### 1. Problemas con datos experimentales:

Se construyó una guía de problemas jerarquizando ejercicios con datos experimentales, datos reales. La Figura 2 muestra un ejemplo tomado de la Guía de Problemas de Equilibrio en Fase Condensada.

##### PROBLEMA 5:

Cuando se enfría un fundido de Zn + Mg, se observan rupturas y paradas a las siguientes temperaturas (en °C), siendo  $W_{Zn}$  el porcentaje en peso de cinc:

$W_{Zn}$	Ruptura (°C)	Parada (°C)
0	---	651
10	623	344
20	566	343
30	530	347
40	443	344
50	356	346
60	437	346
70	517	347

$W_{Zn}$	Ruptura (°C)	Parada (°C)
80	577	343
84,3	---	595
90	557	368
95	456	367
97	---	368
97,5	379	368
100	---	419

Debido a errores experimentales, la temperatura de las paradas eutécticas varía ligeramente de una medida a la siguiente. Dibuje el diagrama de fases de T frente al porcentaje en peso del Zn e identifique todas las regiones.

Figura 2. Ejemplo de problema a partir de datos experimentales [3].

## 2. Aplicación de graficadores y programas de análisis de datos para resolución de problemas.

Varios problemas sólo son resolubles con graficadores (en especial, Excel y Origin). Estas herramientas son valiosas para la actividad profesional cotidiana y se busca inculcar esta apreciación en el estudiante. En la *Figura 3* se muestra un ejemplo de cálculo de coeficientes de fugacidad.

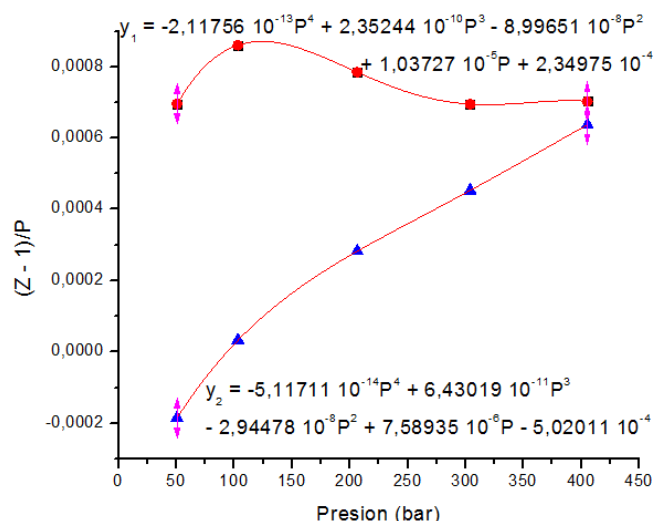


Figura 3. Ejemplo de problema sólo resoluble con un graficador (Origin).

## 3. Prácticas de laboratorio cuantitativas

Se propone al estudiante la determinación de parámetros termodinámicos significativos a partir de prácticas de laboratorio precisas y cuidadosas. Así, se refuerza las técnicas ya vistas en otras materias y se introducen nuevos conceptos. En la *Figura 4* se muestra una práctica de análisis de un sistema trifásico.

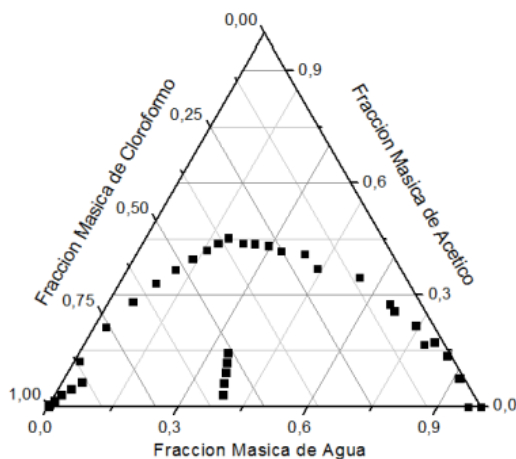


Figura 9: Diagrama ternario correspondiente a los datos de la Figura 7.

Figura 4. Ejemplo de una práctica de laboratorio cuantitativa.

## 4. Coordinación con otras materias del AQ.

Físico-Química es correlativa con Química Inorgánica. Por consiguiente, se consensuó los temas a tratar con sus docentes, para evitar solapamientos y asegurar continuidad, sobre todo con cinética química.

## 5. Incorporación de POGIL

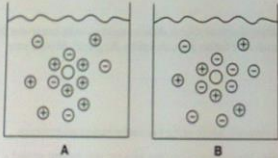
La explicación de ciertos temas (cinética química y electroquímica) se abordó mediante la metodología POGIL [1] (Process Oriented Guided Inquiry Learning). El objetivo es que el estudiante construya, con la guía del docente, sus propios conceptos. Se observa en la *Figura 5* una de las prácticas de POGIL para electroquímica en inglés que fue empleada durante el semestre.

ChemActivity E2

## The Debye-Hückel Theory of Electrolyte Solutions

Focus Question: Which solution is most likely to behave non-ideally: a 0.1 M solution of I<sub>2</sub> in CCl<sub>4</sub> or a 0.1 M solution of NaCl in H<sub>2</sub>O? Why?

Model 1: Electrolyte Solution (water molecules not shown).



The electric potential of an isolated charged sphere immersed in a medium of dielectric constant,  $\epsilon$ , is

$$V = \frac{Q}{\epsilon r} \quad (1)$$

where  $Q$ , the charge on the species, is given by  $Z_i e$  and  $V$  is the electrical potential at a distance  $r$  from the sphere.  $Z_i$  is the charge, with sign, on the species and  $e$  is the absolute value of the charge on the proton.

Figura 5. Ejemplo de una planilla de POGIL para estudiar la teoría de Debye-Hückel [4].

### 6. Empleo de plataforma Moodle para la provisión de material bibliográfico.

Ante la escasez de libros de texto de Físico-Química orientados hacia la Ingeniería, se optó por proveer al estudiante de selecciones didácticas y más aplicadas. La Figura 6 muestra una captura de pantalla con una selección de apuntes, películas y presentaciones para diversos temas de la materia.

**INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA**  
 Entalpía Libre y Potencial Químico

19 DE AGOSTO - 25 DE AGOSTO

**PROPIEDADES PARCIALES MOLARES**  
 Propiedades Parciales Molares  
 Serie 1 - Propiedades Parciales Molares  
 Trabajo Práctico N°1  
 Propiedades Intensivas y Extensivas  
 Arquímedes y las Propiedades Parciales Molares

26 DE AGOSTO - 1 DE SEPTIEMBRE

**EQUILIBRIO QUÍMICO**  
 Equilibrio Químico  
 Serie 2 - Equilibrio Químico

2 DE SEPTIEMBRE - 8 DE SEPTIEMBRE

**PROPIEDADES COLIGATIVAS**  
 Serie 3 - Propiedades Coligativas

9 DE SEPTIEMBRE - 15 DE SEPTIEMBRE

**EQUILIBRIO LÍQUIDO-VAPOR**  
 Serie 4 - Equilibrio Líquido-Vapor  
 Regular and Ideal Solutions  
 Equilibrio Líquido-Vapor Parte I  
 Equilibrio Líquido-Vapor Parte II

Figura 6. Captura de pantalla del Moodle de la materia.

### Evaluación de la propuesta.

La puesta en práctica ha sido por ahora de solo un cuatrimestre (agosto a noviembre de 2014), consideramos que los resultados obtenidos fueron muy buenos, lo que nos estimula a continuar con la propuesta.

La evaluación del curso se realizó por proyectos con un seguimiento permanente, lo que tiene coherencia con toda la modalidad implementada. Nuestra evaluación se centró en los siguientes puntos:

- Fechas de entrega.
- Calidad de la presentación: escrita y oral.
- Justificación (de la elección del tema, de la bibliografía elegida, etc).
- Criterios de relación y enfoque fisicoquímico.
- Autocrítica: los alumnos pueden comentar con honestidad cómo ven el trabajo grupal realizado fuera de clase: ¿alguien carga con todo el trabajo? ¿alguien no deja participar? ¿alguien no hace nada? ¿alguien quiere que todo se haga como él decide?
- Resolución de situaciones: de los modelos presentados, de los ejercicios, de los problemas;
- Resolución de situaciones dentro del grupo: alguien domina, alguien no deja participar, alguien no participa...
- Exposición de ideas.
- Defensa de las ideas.
- Redacción clara, correcta.
- Puesta en común.

En la presentación se evalúa:

Del expositor:

- Claridad de la exposición
  - precisión de los términos que utiliza
  - análisis
  - síntesis
  - capacidad para interpretar lo observado
  - selección de conocimientos pertinentes
- Presentación
  - la forma en que la organiza
  - orden de la presentación
- Motivación (atención de los oyentes)
- Autocrítica (¿se da cuenta si habla claro (dicción, entonación, nivel)? ¿le entienden? ¿habla mirando a los oyentes?...)
- Duración

De los oyentes:

- Preguntas pertinentes
- Interés
- Atención
- Críticas

El tema elegido por los alumnos como Proyecto fue el de *Adsorción*. Un tema sin duda importante para la Ingeniería Química. Los temas de fenómenos de superficie se relacionan con temas de gran interés, como depuración de efluentes, convertidores catalíticos, reciclado de solventes, resinas sintéticas, corrosión, reacciones sobre electrodos, membranas celulares. Muchas aplicaciones químicas en la industria se basan en fenómenos de superficie: adherencia, lubricación, detergencia, etc.

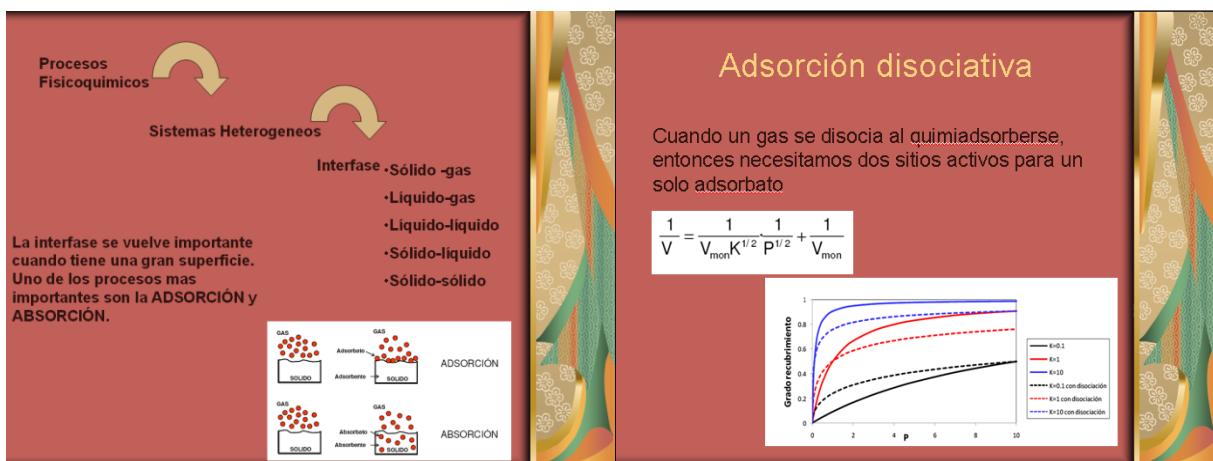


Figura 7. Selección de una presentación

El estudiante debió exponer una clase sobre un tema físico-químico de interés personal como forma de evaluación. En la clase debió aplicar temas estudiados e introducir conceptos no dados. Se lo proveyó de apuntes para guiar la investigación. En la *Figura 7* se ilustra una sección de una presentación, sobre el fenómeno de sorción y la adsorción disociativa.

### **Apreciaciones Finales**

Proponemos un método alternativo para enseñar Físico-Química en Ingeniería Química, combinando elementos tradicionales (clases teóricas con problemas y prácticas de laboratorio) con algunos más didácticos y provechosos (análisis de problemas reales, empleo de graficadores, enseñanza centrada en el alumno). Esta propuesta apunta a:

- ❖ teoría sostenida sobre la base sólida de conocimientos científicos, expertos y experimentados, complementadas con componentes esenciales (el contexto internacional, competencias profesionales, empleabilidad, el trabajo en equipo y la certificación de los estudiantes) como necesidad práctica de un futuro profesional,
- ❖ recurrir a los conocimientos previos del estudiante y explotar sus capacidades de construcción personal del conocimiento,
- ❖ guiar al estudiante en la interacción con el objeto de conocimiento,
- ❖ articular contexto institucional (docentes del AQ) y contexto social de la Universidad (formación profesional e industrial).

Somos optimistas con los resultados obtenidos y la propuesta será nuevamente aplicada en el segundo semestre del corriente año.

### **Agradecimientos**

Los autores desean agradecer al Área de Química de la UNGS, en particular a la Dra. Anita Zalts y al Dr. Javier Montserrat.

### **Referencias bibliográficas:**

[1] <https://pogil.org/about>

[2] H. M. Ceretti, A. Zalts, *La Química en la Universidad Nacional de General Sarmiento: Una Historia de 15 Años*, en *La Química en la Argentina*, AQA, Buenos Aires, **2011**, pág. 113-119.

[3] I. N. Levine, *Físicoquímica*, McGraw Hill, Madrid **2002**, pág. 464.

[4] J. Spencer, G. Bodner, L. H. Rickard. *Physical Chemistry: A Guided Inquiry Thermodynamics*. Lancaster, PA. The POGIL Project; New Jersey: Wiley, **2012**.