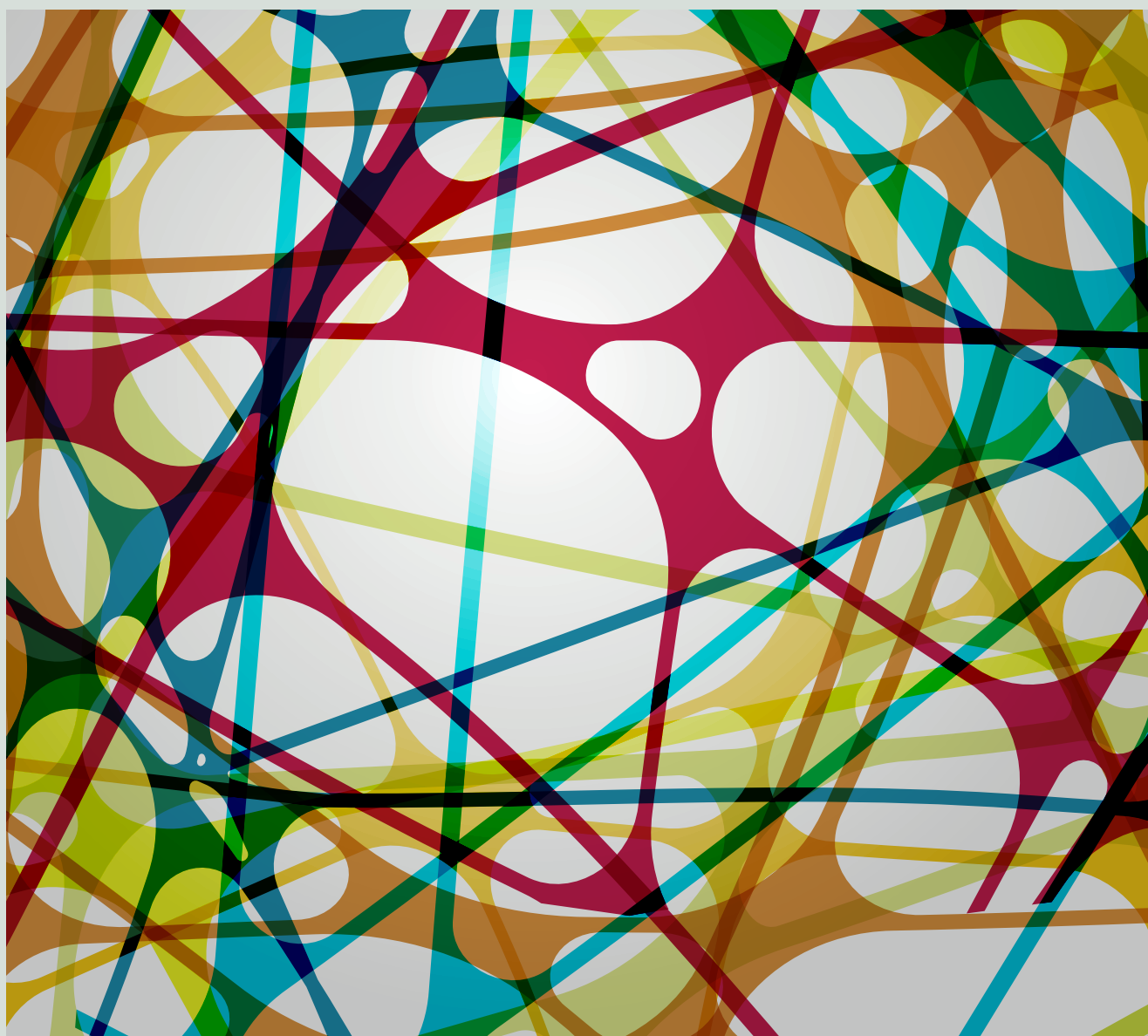




Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat,  
innovació i investigació en docència universitària.  
Convocatòria 2019-20

Memorias del Programa de Redes-I<sup>3</sup>CE de calidad,  
innovación e investigación en docencia universitaria.  
Convocatoria 2019-20



Rosabel Roig Vila, R. (Coord.)  
Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros, Neus Pellín Buades (Eds.)

Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de  
qualitat, innovació i investigació en docència  
universitària. Convocatòria 2019-20

Memorias del Programa de Redes-I3CE de  
calidad, innovación e investigación en docencia  
universitaria. Convocatoria 2019-20

Rosabel Roig-Vila (Coord.),  
Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades (Eds.)

Memòries de les xarxes d'investigació en docència universitària pertanyent al Programa Xarxes-I3CE d'Investigació en docència universitària del curs 2019-20 / *Memorias de las redes de investigación en docencia universitaria que pertenece al Programa Redes -I3CE de investigación en docencia universitaria del curso 2019-20*

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Qualitat i Innovació Educativa) de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa) de la Universidad de Alicante*

Edició / Edición: Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades (Eds.)

Comité tècnic / Comité técnico: Neus Pellín Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Primera edició: / *Primera edición:*

© De l'edició/ *De la edición:* Rosabel Roig-Vila , Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades.

© Del text: les autores i autors / *Del texto: las autoras y autores*

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

ice@ua.es

ISBN: 978-84-09-24478-2

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / *Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels textos publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.*

## 113. Método POGIL como estrategia de aprendizaje grupal en asignaturas de ciencias

David Salinas Torres<sup>1,2</sup>; Francisco Montilla Jiménez<sup>1,2</sup>; Miriam Navlani García<sup>1,3</sup>; Jessica Chaparro Garnica<sup>1,3</sup>; Beatriz Martínez Sánchez<sup>1,2</sup>; Jhony Xavier Flores Lasluisa<sup>1,2</sup>; Mario García Rodríguez<sup>1,2</sup>; Juan Carlos Sancho García<sup>1,2</sup>.

[david.salinas@ua.es](mailto:david.salinas@ua.es); [francisco.montilla@ua.es](mailto:francisco.montilla@ua.es); [miriam.navlani@ua.es](mailto:miriam.navlani@ua.es); [jessica.chaparro@ua.es](mailto:jessica.chaparro@ua.es); [beatriz.ms@ua.es](mailto:beatriz.ms@ua.es); [jhony.flores@ua.es](mailto:jhony.flores@ua.es); [mgr117@alu.ua.es](mailto:mgr117@alu.ua.es); [jc.sancho@ua.es](mailto:jc.sancho@ua.es)

<sup>1</sup>Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante.

<sup>2</sup>Dpto. de Química Física, Universidad de Alicante.

<sup>3</sup>Dpto. de Química Inorgánica, Universidad de Alicante.

### RESUMEN

Las estrategias de aprendizaje tradicionales donde generalmente el profesor tiene el papel principal, podrían no alcanzar las necesidades educativas del alumnado (Guzmán, 2011), así como las competencias planteadas dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Desde este ámbito se pretenden realizar cambios en las metodologías de enseñanza-aprendizaje para que el alumnado adquiera un papel principal. En este sentido, el método POGIL (*Process Oriented Guided Inquiry Learning*) ha demostrado ser un método efectivo de enseñanza orientado a mejorar el trabajo del alumnado en el aula a partir de diferentes roles participativos. Este método de carácter cooperativo se aplicó en diferentes asignaturas impartidas en la Facultad de Ciencias, tanto de grado (Oceanografía Química u Operaciones Básicas de Laboratorio), como de postgrado (Polímeros Conductores en el Máster de Ciencia de Materiales). También se realizó una actividad POGIL en el Master en Profesorado de Educación Secundaria para ver el funcionamiento en grupos con mayor diversidad del alumnado. Las encuestas realizadas a los estudiantes reflejan una gran aceptación del método POGIL. Los resultados obtenidos de las pruebas escritas han mostrado que el método POGIL ayuda al alumnado a una mejor adquisición de los conceptos en comparación a los adquiridos en una clase magistral.

**Palabras clave:** Método POGIL, roles participativos, aprendizaje grupal, indagación guiada.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las distintas competencias establecidas por el EEES han dado lugar a una serie de propuestas dirigidas a producir cambios en el contenido curricular, implementar el uso de herramientas tecnológicas para la obtención de información y, en muchos casos, aumentar la participación del alumnado en el proceso de aprendizaje. En este punto, es crucial la distinción entre contenidos y proceso para el diseño de una asignatura, ya que tradicionalmente se le da un mayor peso al contenido. Esta diferenciación es muy importante en asignaturas de ciencias, ya que la formación de buenos científicos es necesaria la adquisición de capacidad de análisis de resultados empíricos, desarrollo de pensamiento crítico, capacidad de razonamiento hipotético-deductivo, entre otras destrezas fundamentales para el desempeño científico.

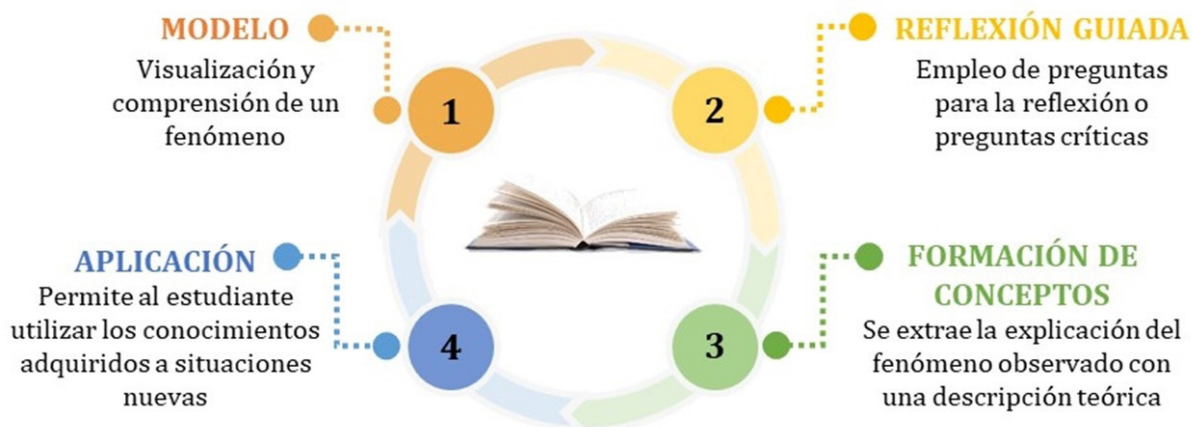
El método POGIL permite a los estudiantes trabajar a un ritmo acorde a sus necesidades empleando materiales especialmente diseñados para ello (Pienta, Cooper, & Greenbowe, 2008; Richard S. Moog & James N. Spencer, 2008). Aquí el profesor no es el centro de la clase, sino que pasa a un segundo plano dejando que sean los estudiantes los que tomen la iniciativa y trabajen en grupo para desarrollar cada actividad. Es tarea del docente hacer de guía y facilitador de cada actividad grupal.

Los materiales utilizados por el alumnado consisten en una serie de preguntas elaboradas con un enfoque que sigue el método científico que por lo general siguen un esquema de cuatro fases típico del “ciclo de aprendizaje” (Kolb & Fry, 1974; Mumford, 1997). En cada actividad se muestra un experimento o caso de estudio (denominado Modelo) donde a partir de preguntas se guía al estudiante a comprender el fenómeno observado. Tras la discusión y adquisición de los nuevos conceptos por parte del equipo se realizan ejercicios para la aplicación de lo aprendido. En estos grupos de trabajo, habitualmente constituidos por 3 y 5 personas, los estudiantes analizan y leen juntos las preguntas, que los van guiando a discutir y razonar de forma argumentada. Además, se fomenta la redacción de respuestas, así como analizarlas y compararlas con las de los otros miembros. Éste es un aprendizaje en las que el alumno pasa por distintas etapas de aprendizaje (activo, reflexivo, teórico y pragmático).

Las etapas principales son (ver Figura 1): **(1)** Visualización y comprensión de un fenómeno. **(2)** Reflexión guiada, empleando preguntas para la reflexión o preguntas críticas. A menudo llevan a los estudiantes a probar hipótesis o explicar las relaciones que encuentran en el modelo. **(3)** Formación de conceptos en la que se extrae la explicación del fenómeno observado con descripción teórica. **(4)** Aplicación permite a los estudiantes utilizar el concepto adquirido a situaciones nuevas. Aquí se resuelven ejercicios y problemas de aplicación del concepto aprendido.

Dentro del grupo se designan roles específicos como gestor/a, secretario/a, técnico/a, portavoz y analista. Los roles son rotatorios y cambian tras cada actividad. Lo que se pretende empleando el método POGIL es formar a estudiantes en la capacidad de pensar y resolver múltiples y cambiantes problemas en grupo y, por tanto, desarrollar un razonamiento conjunto, en el cual todos se sientan involucrados en el problema y se fomente un espíritu de trabajo en grupo y pensamiento crítico.

Figura 1. Ciclo del aprendizaje y etapas de una actividad POGIL.



Para preparar las actividades en formato POGIL el instructor debe Identificar los objetivos del aprendizaje (2-3 en cada actividad), definir los criterios de éxito (p. ej. un examen), seleccionar el modelo (o modelos) que suelen ser casos prácticos, elaborar preguntas para la reflexión que hace que los estudiantes se familiaricen con el modelo, entiendan el proceso y conceptualicen el fenómeno descrito, por último se deben incluir ejercicios o problemas para que los alumnos se familiaricen con lo aprendido. Los resultados de este método han sido analizados, observando el rendimiento académico y a partir de encuestas realizadas durante los 4 últimos cursos académicos se ha visto que los alumnos consideran que obtienen una mejor comprensión de los conceptos químicos que con las clases tradicionales, mejora la interacción entre estudiante y con el profesor. Todo esto hace que se sienten más comprometidos con la asignatura, mejorando en muchas ocasiones su rendimiento en relación con otros formatos de clase.

## 2. OBJETIVOS

1. Desarrollar el método POGIL en las asignaturas teórico-prácticas de ciencias como estrategia de aprendizaje grupal.
2. Diseñar y preparar materiales didácticos orientados a promover el trabajo en grupo, tales como guías didácticas con contenidos conceptuales mínimos, actividades introductorias, tarjetas de roles cooperativos, material de equipo compartido, etc.
3. Optimizar y mejorar los materiales didácticos utilizados para el desarrollo del método POGIL durante las clases teóricas, así como en las prácticas del laboratorio.
4. Confeccionar materiales de autoevaluación para la conclusión de las actividades grupales.
5. Diseñar un modelo de informe de analista que recoja en detalle los resultados de la actividad.
6. Evaluar los resultados derivados de la experiencia docente a través de la elaboración y análisis de encuestas al alumnado.

## 3. MÉTODO

### 3.1. Descripción del contexto y de los participantes

Esta metodología de aprendizaje se ha llevado a cabo en asignaturas impartidas en la Facultad de Ciencias que se recogen a continuación:

- 1) Oceanografía Química (Grado en Ciencias del Mar, curso: 3º; acrónimo: OQ).
- 2) Operaciones Básicas de Laboratorio I (Grado de Química, curso: 1º; acrónimo: OBL).
- 3) Polímeros Conductores (Máster en Ciencia de Materiales; acrónimo: PC).
- 4) Complementos para la Formación Disciplinar en Física y Química (Máster en Profesorado de

Educación Secundaria; acrónimo: CFDFQ).

En el caso de OQ se realizó la experiencia en 4 cursos académicos, contando con un total de 82 participantes. El método POGIL fue aplicado en un total de 19 clases de teoría. El alumnado agrupado en equipos de 3-5 miembros. La formación inicial de los equipos se realizó por sorteo y se asignaron roles rotatorios participativos tras cada actividad entregada. Tras la consecución de un tercio de las actividades, se llevó a cabo una prueba de evaluación con el fin de reorganizar los grupos de manera homogénea desde un punto de vista académico.

Respecto a la asignatura de OBL, está consistió en una sesión de prácticas en las que se realizaron cuatro actividades POGIL para un total de 39 alumnos/as. Mientras, que en un grupo de control compuesto por 34 alumnos/as se hicieron las mismas actividades aplicando una metodología de aprendizaje convencional (clase magistral).

En relación con las asignaturas de postgrado, se realizaron actividades POGIL a modo de experiencia piloto en grupos reducidos en el caso de la asignatura de polímeros Conductores y en grupos de estudiantes que presentan mayor diversidad en el caso de CFDFQ.

### 3.2. Descripción del instrumento utilizado para la investigación o la evaluación de la innovación educativa

Los instrumentos utilizados para comprobar si la experiencia educativa (Método POGIL) era útil para su aplicación en asignaturas de ciencias, así como su aceptación por parte del alumnado han sido diferente dependiendo de la asignatura. En la asignatura de OQ se hicieron encuestas para evaluar aspectos tales como la motivación, entendimiento e interacción del alumnado-profesorado. Para ello, se realizó una encuesta con una serie de preguntas mediante *Google Forms*. En el caso de la asignatura de OBL, se aplicó el método POGIL en un grupo en clases de carácter práctico y se realizó una prueba escrita para comparar las notas obtenidas con aquellas obtenidas por un grupo de control, el cual hizo la misma prueba escrita pero que realizó las mismas sesiones prácticas mediante un método de aprendizaje tradicional (clase magistral). De este modo, se pretendía comparar si la adquisición de conocimientos es más efectiva mediante el método POGIL.

Otro instrumento utilizado para la evaluación en todas las asignaturas fueron los cuestionarios que se pasaron a los estudiantes durante las actividades grupales y al final de la asignatura. En dichos cuestionarios los estudiantes valorarán su propio desempeño como grupo. Asimismo, compararán los diferentes aspectos respecto a las clases tradicionales (interés suscitado, interacción con el profesor, participación, etc.).

### 3.3. Procedimiento

#### a) Elaboración de materiales

En primer lugar, se diseñan y elaboran actividades en formato POGIL para todas las asignaturas mencionadas anteriormente (ver anexo). En el caso de OBL se prepararon actividades para realizar en sesiones de clases prácticas (ver ejemplo en el anexo). Adicionalmente, se han modificado las actividades recogidas en el cuaderno de actividades de OQ con el fin de mejorar el dinamismo de las actividades grupales, así como los informes para facilitar la evaluación.

#### b) Implementación en los cursos

La implementación del método POGIL en las clases teóricas se hace de manera progresiva. Para ello, la combinación con metodologías tradicionales (clases magistrales) estuvo presente en las asignaturas siempre y cuando se consideró necesario, ayudando a recordar y adquirir conceptos. Sin embargo, los trabajos grupales siguiendo el formato POGIL ocupan más del 75% del tiempo de la clase.

Una herramienta como el puzzle colaborativo es utilizada en modelos de carácter descriptivo (Cernuda, Llorens, Miró, Satorre, & Valero, 2005).

La duración de las clases en este formato de aprendizaje es de 55 minutos y se lleva a cabo en grupos de 4-5 miembros. Estos tienen diferentes roles asignados al azar (gestor/a; secretario/a; técnico-portavoz y analista) y van rotando al acabar la actividad de modo que los miembros del equipo adquieren todos los roles durante el desarrollo de la asignatura. Las funciones de cada rol se detallan a continuación:

- a) El/la gestor/a: controla del tiempo, se asegura del buen funcionamiento del grupo, formula preguntas al profesor/a en nombre del grupo (único miembro que hace esta función).
- b) El/la secretario/a: elabora el informe de la actividad que se entrega al final de clase.
- c) El/la técnico-portavoz: utiliza medios técnicos que ayuden a resolver los cálculos en problemas o ejercicios. Además, puede actuar como portavoz y responder en nombre del grupo a las preguntas que formula el/la profesor/a.
- d) El/la analista: elabora un informe que refleja la calidad del trabajo en equipo y recoge el desempeño de estos roles, asegurando la exigibilidad individual de cada miembro en el desarrollo de las actividades grupales.

Como se comentó en el apartado 3, tras la consecución del 33% de las actividades POGIL se realizó una prueba escrita con el fin de reorganizar los grupos, atendiendo a criterios académicos y de paridad. De este modo, se consigue una homogeneidad en los grupos en términos de rendimiento, los cuales se mantendrán hasta el final de la asignatura. En el caso de las asignaturas de postgrado, al tratarse de experiencias piloto en grupos reducidos en el caso de PC y en grupos de gran diversidad en CFDFQ, no se reorganizaron los grupos porque solamente se aplicó el método POGIL en unas pocas sesiones.

#### c) Evaluación

Respecto a la evaluación de las actividades POGIL, se hizo mediante el modelo de analista que es completada por el alumnado para determinar el desempeño como grupo. Además, se realizó de forma individual al alumnado para evaluar que conceptos fueron adquiridos en comparación con la comprensión obtenida en formato convencional.

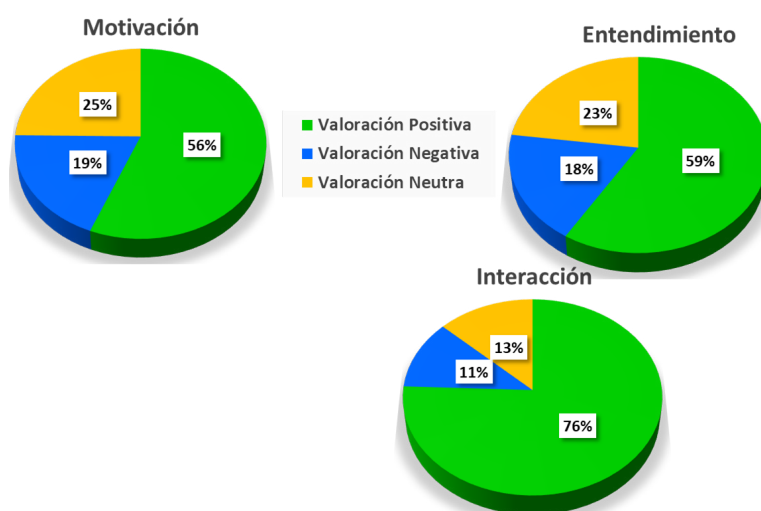
Cabe señalar que en OQ y OBL, la evaluación del desempeño de los grupos se hace más intensa tras la reorganización, solicitando los informes de los/as analistas con mayor frecuencia. El profesorado también evalúa de forma continua el trabajo del equipo, observando si los roles se cumplen, la finalización de tareas a tiempo, etc. También se introdujo un sistema de bonus (notas > 7 supone un aumento de notas del 20%) para promover la interdependencia positiva.

## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las encuestas sobre el método POGIL al alumnado en OQ se han venido realizando durante varios cursos para un total de los 82 alumnos. Esta encuesta constó de 10 preguntas (*Ej.: Pregunta 1: ¿Este método hizo que te sintieras más interesado en la asignatura que si se hubieran empleado clases tradicionales?*) divididas en preguntas sobre motivación, entendimiento e interacción. Los resultados obtenidos a partir de la encuesta reflejan una gran aceptación por parte del alumnado del método POGIL como estrategia de aprendizaje frente a los métodos convencionales.



Figura 2. Resultados de la encuesta al alumnado de OQ.



El método POGIL ha demostrado ser muy efectivo para la enseñanza de las ciencias tanto desde el punto de vista de apreciación de los estudiantes como en los resultados académicos. Estos resultados están en línea con la primera experiencia realizada EE.UU. utilizando el método POGIL, donde el alumnado mostró un aumento en el interés por una asignatura de ciencias (Hanson et al., 2006).

Respecto a OBL, se aplicó el método POGIL a un grupo de 39 alumnos/as y se utilizó un grupo de control de 34 alumnos/as para comparar la efectividad del método de aprendizaje. Ambos grupos presentaban similar rendimiento académico (R, evaluado con un examen teórico-práctico del laboratorio). Mientras el grupo POGIL obtuvo una nota de  $6.2 \pm 2.0$ , el grupo de control alcanzó  $6.0 \pm 1.8$ . Sin embargo, en una actividad de errores de laboratorio de mayor complejidad el grupo POGIL obtuvo una nota de 3.4 frente a 2.2 del grupo de control, las cuales se normalizaron frente al rendimiento académico. Los resultados obtenidos de esta normalización mostraron que el método POGIL mejoró la comprensión de los conceptos del alumnado, dando lugar a un mejor rendimiento en los exámenes. En la bibliografía ya se han recogido resultados en los que se observa mejora en rendimiento (Hein, 2012; Hunnicutt, Grushow, & Whitnell, 2015).

## 5. CONCLUSIONES

En el método de aprendizaje POGIL los/as alumnos/as aprenden de forma autónoma y grupal. Este método se refuerza aspectos fundamentales en el proceso de aprendizaje de asignaturas de ciencias: capacidad de análisis, extracción de conclusiones, generalización de conceptos, etc. Se observa un fortalecimiento de competencias tales como el trabajo en equipo, capacidad expositiva, autoaprendizaje, etc. Aumenta el compromiso hacia la asignatura por parte del alumnado, que mejora su comprensión de los conceptos de química, lo que redundará en un mejor rendimiento académico.

## 6. TAREAS DESARROLLADAS EN LA RED

| PARTICIPANTE DE LA RED       | TAREAS QUE DESARROLLA   |
|------------------------------|---|
| David Salinas Torres         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordinador de la red.</li> <li>- Colaboración en tareas docentes.</li> <li>- Preparación de los materiales del método POGIL.</li> <li>- Análisis de los resultados y redacción de resumen, memoria, póster para las Redes Innovaestic 2020, etc.</li> </ul> |
| Francisco Montilla Jiménez   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Profesor responsable de las asignaturas.</li> <li>- Preparación de los materiales del método POGIL.</li> <li>- Análisis de los resultados y redacción de memoria.</li> <li>-Revisión del póster para las Redes Innovaestic 2020.</li> </ul>                  |
| Miriam Navlani García        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de los resultados y redacción de resumen, memoria, póster para las Redes Innovaestic 2020, etc.</li> </ul>  |
| Jessica Chaparro Garnica     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación del póster para las Redes Innovaestic 2020.</li> </ul>   |
| Beatriz Martínez Sánchez     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección de resultados y preparación del póster para las Redes Innovaestic 2020.</li> </ul>   |
| Jhony Xavier Flores Lasluisa | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección de resultados y preparación del póster para las Redes Innovaestic 2020.</li> </ul>   |
| Mario García Rodríguez       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación del póster para las Redes Innovaestic 2020.</li> </ul>   |
| Juan Carlos Sancho García    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Profesor colaborador de la asignatura de Oceanografía Química.</li> <li>- Revisión de la memoria.</li> </ul>   |
| Ana Belén Delgado Egea (*)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación de los materiales del método POGIL.</li> </ul>   |

(\*) No participó en la comunicación presentada en las Redes Innovaestic 2020.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cernuda, A., Llorens, F., Miró, J., Satorre, R., & Valero, M. (2005). Guía para el profesor novel. Editorial Marfil.
- Guzmán, J. C. (2011). La calidad de la enseñanza en educación superior ¿Qué es una buena enseñanza en este nivel educativo? Perfiles Educativos, XXXIII, 129–141. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-26982011000500012](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982011000500012)
- Hanson, D. M., Bunce, D., Creegan, F., Moog, R., Padwa, L., Spencer, J., Wolfskill, T. (2006). Instructor's Guide to Guided-Inquiry Learning. Pacific Crest.
- Hein, S. M. (2012). Positive impacts using POGIL in organic chemistry. Journal of Chemical Education,

89(7), 860–864. <http://doi.org/10.1021/ed100217v>

- Hunnicut, S. S., Grushow, A., & Whitnell, R. (2015). Guided-Inquiry Experiments for Physical Chemistry: The POGIL-PCL Model. *Journal of Chemical Education*, 92, 262–268.
- Kolb, D. A., & Fry, R. E. (1974). *Toward an Applied Theory of Experiential Learning*.
- Mumford, A. (1997). *Action Learning at Work*. Gower Publishing, Ltd.
- Pienta, N. J., Cooper, M. M., & Greenbowe, T. J. (2008). *Chemists' Guide to Effective Teaching, Volume II (Vol. 2)*. Prentice Hall.
- Richard S. Moog, & James N. Spencer. (2008). *Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL)*. (R. S. Moog & J. N. Spencer, Eds.) (Vol. 994). Washington, DC: American Chemical Society. <http://doi.org/10.1021/bk-2008-0994>

## ANEXOS

### 1. Actividad POGIL de Complementos para la Formación Disciplinar en Física y Química.

#### El ciclo del carbono

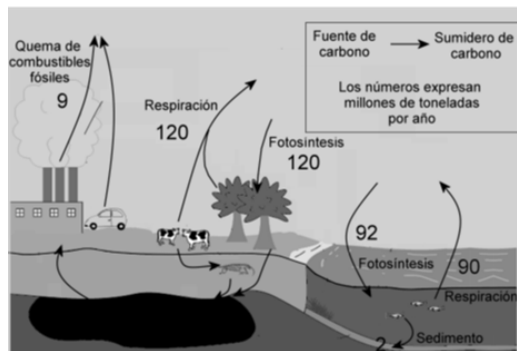
Los seres vivos contienen cuatro elementos fundamentales: el carbono, el hidrógeno, el nitrógeno y el oxígeno. De todos ellos el carbono es el pilar básico que conforma la estructura de todos los organismos.

El carbono además es una parte importante de la composición de nuestro planeta. Está presente en suelos, rocas y en la atmósfera. Como aparece disuelto en el agua, tiene una gran influencia en la vida acuática de ríos y océanos.

En esta actividad vamos a explorar cómo el carbono se intercambia entre los seres vivos y el medio ambiente de la Tierra en un proceso que llamamos el ciclo del carbono, que es clave para entender cómo la Tierra es capaz de sostener la vida.

#### Modelo 1: El ciclo del carbono

Observa detenidamente el siguiente esquema:



Nota: El carbono normalmente se intercambia entre la superficie de la Tierra y la atmósfera en forma de moléculas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

#### Preguntas para la reflexión

- ¿Qué representan las flechas del diagrama anterior?
- ¿Qué significan los números junto a cada flecha? ¿Cuáles son las unidades de estos números?
- A) ¿En qué forma se intercambia el carbono entre la superficie de la Tierra y la atmósfera?  
B) ¿Coincide esto con lo que ya conocéis sobre los gases que intercambian los seres vivos cuando respiran?
- ¿Cuál es la masa de carbono que se emite a la atmósfera cada año desde cada uno de estas fuentes? Incluye unidades.  
(A) Respiración de plantas y animales de la tierra.  
(B) Intercambio con el agua de la superficie del océano.  
(C) Plantas de generación de energía y transportes.
- Indica la masa de carbono que es absorbida desde la atmósfera cada año por los siguientes procesos. Incluye unidades.  
(A) Fotosíntesis de plantas terrestres.

### 2. Actividad POGIL de Oceanografía Química.

#### Actividad 15. Disoluciones no ideales

##### Modelo 1: Un ejercicio de cálculo de pH sencillo

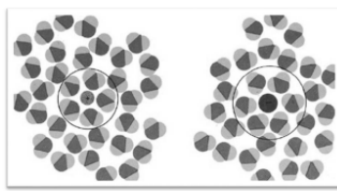
##### Preguntas para la reflexión

- Tenemos 100 mL de agua que contiene  $\text{NaCl}$  0.1M. Añadimos 30 mL de una disolución de ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) 0.05M. El ácido perclórico es un ácido fuerte. Determina la concentración de hidronios  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  en la disolución final.

##### Información: Disoluciones ideales

Hasta ahora hemos visto los equilibrios químicos que se desarrollaban en condiciones ideales (en agua pura o con disoluciones de electrolitos muy diluidas). En condiciones ideales las especies disueltas sólo interactúan con el disolvente. Así, los iones disueltos (p.ejemplo los  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) tienen interacción de tipo ión-dipolo con el agua. Cuando el electrolito está muy diluido cada ion se comporta como si fuera totalmente independiente de su entorno.

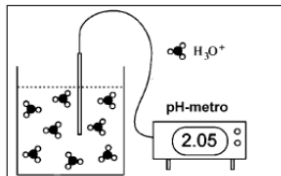
Recordemos de la actividad *Equilibrios químicos* que la capacidad de reaccionar que tiene una especie química se denomina actividad. Como recordarás en disoluciones ideales el valor numérico de la actividad de una especie disuelta es igual a su concentración molar.



##### Modelo 2: Medida del pH en una disolución salina

Realizamos la medida del pH de la disolución del modelo 1.

La definición general de pH es:  
$$\text{pH} = -\log(a_{\text{H}_3\text{O}^+})$$



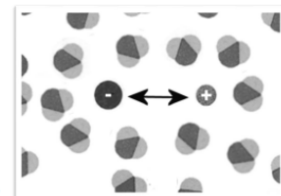
Los pHmetros miden la actividad de hidronios,  $a_{\text{H}_3\text{O}^+}$ , de la disolución (no su concentración).

##### Preguntas para la reflexión

- Calcula la actividad de hidronios a partir del valor medido de pH.
- La actividad de hidronios,  $a_{\text{H}_3\text{O}^+}$ , ¿es mayor, menor o igual que la concentración de hidronios,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ?

##### Información: Interacción ión-ión

La diferencia entre la actividad y la concentración de hidronios se debe a que la disolución del modelo 1 no se comporta de forma ideal. En presencia de otros electrolitos se ha observado que la actividad química deja de ser igual a la concentración molar de la especie disuelta ( $a_i \neq [i]$ ). Esto se debe a que a altas concentraciones de electrolitos las interacciones entre iones comienzan a ser relevantes (interacciones ión-ión), lo que hace que la capacidad para reaccionar (es decir, su actividad química) sea menor de lo esperada. Un efecto experimental de esto se observa en la medida de pH del modelo 2, en ese caso la actividad de hidronios es menor de lo esperada (a la vista de su concentración).



##### Modelo 3: Coeficientes de actividad

La actividad y la concentración de una especie química no siempre coinciden. Sólo son numéricamente iguales cuando la disolución es ideal. La relación que existe entre actividad y concentración de una especie química se denomina coeficiente de actividad,  $\gamma_i$ :

$$a_i = \gamma_i \frac{[i]}{1} \quad (2)$$

El coeficiente de actividad es adimensional.

##### Preguntas para la reflexión

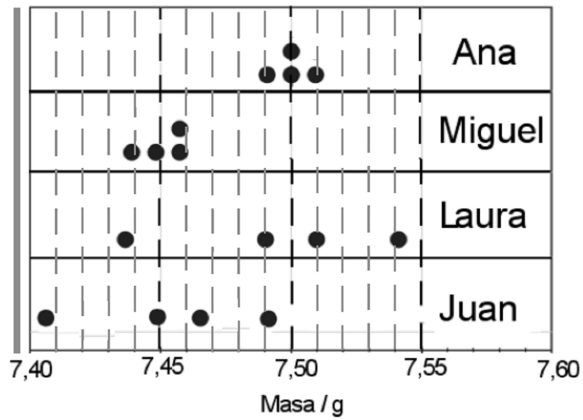
- Determina el coeficiente de actividad de los hidronios,  $\gamma_{\text{H}_3\text{O}^+}$ , de la disolución del modelo 1.

### 3. Actividad POGIL de Operaciones Básicas de Laboratorio

#### Errores de las medidas

##### Modelo 1: Masa de una moneda de un euro

Cuatro estudiantes han realizado la pesada de una moneda de un euro con distintas balanzas y repitiendo la medida. Las medidas de masa de cada estudiante se muestran en la figura.



##### Información: Precisión y exactitud

**Precisión:** Capacidad de realizar una medida de forma reproducible.

**Exactitud:** Calidad de una medida que se ajusta lo más posible al valor real.

##### Preguntas para la Reflexión

1. Rellena la tabla con los valores de masa obtenidos (en g) y el valor promedio de la masa que ha obtenido cada estudiante:  $\bar{m} = \frac{m_1+m_2+\dots+m_n}{n}$ . Recuerda indicar un decimal más del que indican las marcas.

| medida    | Ana     | Miguel  | Laura | Juan |
|-----------|---------|---------|-------|------|
| 1         | 7,491 g | 7,438 g |       |      |
| 2         | 7,500 g |         |       |      |
| 3         | 7,500 g |         |       |      |
| 4         | 7,509 g |         |       |      |
| $\bar{m}$ | 7,502 g |         |       |      |

2. ¿Qué dos estudiantes han obtenido las medidas más precisas?

3. Según la normativa europea la masa de una moneda de un euro es de 7,500 g ¿qué dos estudiantes han obtenido las medidas más exactas?

##### Información: Desviación estándar

Para obtener datos exactos, debemos utilizar instrumentos bien calibrados, de no ser así tendremos medidas que pueden ser precisas, pero inexactas dando lugar a errores **sistemáticos**. Si el equipo está bien calibrado y si se hacen medidas repetidas se producen errores **aleatorios**. Para evaluar la calidad de las medidas repetidas se calcula su desviación estándar. Primero calculamos la desviación de cada medida ( $d_i$ ) respecto del valor promedio:

$$d_i = \bar{m} - m_i$$

La desviación estándar ( $s$ ) se obtiene a partir de estas desviaciones, según:

$$s = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n - 1}}$$

Si el valor de  $s$  es grande la precisión de los datos es baja; un valor pequeño de  $s$  corresponde a una alta precisión. Una interpretación sobre el significado de este parámetro se encuentra en el libro de la asignatura.

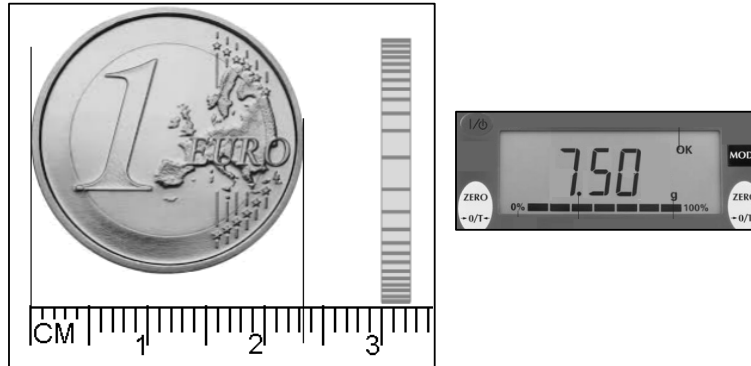
**Preguntas para la Reflexión**

4. Determina la desviación estándar de los datos obtenidos por los dos estudiantes que obtuvieron buena exactitud e indica cuál de ellos obtuvo mejor precisión.

|        | Estudiante: | Estudiante: |
|--------|-------------|-------------|
| medida | Desviación  | Desviación  |
| 1      |             |             |
| 2      |             |             |
| 3      |             |             |
| 4      |             |             |
| $s$    |             |             |

**Modelo 2: La densidad de una moneda de un euro**

Se muestra una moneda de un euro sobre la regla (de frente y de perfil) y su masa medida en una balanza digital. En instrumentos digitales normalmente la última cifra mostrada tiene una incertidumbre de  $\pm 1$ .



**Preguntas para la reflexión**

5. Con la regla mostrada mide el diámetro ( $d$ ) y el grosor ( $b$ ) del euro y la masa ( $m$ ). Expresa la respuesta con unidades e indica el error absoluto de las medidas ( $\Delta d, \Delta b, \Delta m$ ) con sus unidades.

- $d =$  \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_
- $b =$  \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_
- $m =$  \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_