



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

“El trabajo de Laboratorio en PMAR:
Conceptos de Solubilidad y Cristalización y
Herramientas necesarias para su comprensión”

Laboratory work in PMAR:

The concepts of Solubility and Crystallization and
necessary Tools for their understanding

Autora

María Sancho Tomás

Directora

María Eugenia Dies Álvarez

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Año 2019/20

Tabla de contenidos:

1. Introducción	2
1.1 Formación previa y motivaciones para realizar este Máster	2
1.2 La profesión docente	3
2. Proyectos educativos	7
2.1 Contextualización de los proyectos educativos seleccionados	7
2.2 Justificación didáctica	8
3. Presentación de los trabajos seleccionados	14
3.1. Presentación de la experiencia didáctica en el laboratorio	14
3.2 Presentación de la experiencia didáctica no presencial sobre las hojas de cálculo	19
4. Reflexiones	27
5. Conclusiones	34
6. Bibliografía y webgrafía	36
7. Anexos	38
7.1 Anexo I. <i>Una experiencia didáctica desde el laboratorio para comprender los conceptos de solubilidad y cristalización</i>	38
7.2 Anexo II. <i>Diseño de una experiencia didáctica a través de las hojas de cálculo para repasar conceptos de estadística y adquirir las primeras nociones de programación básicas</i>	49
7.3 Anexo III. Mapa conceptual.	53

1. Introducción

1.1 Formación previa y motivaciones para realizar este Máster

Mi formación previa a este máster está relacionada con la investigación. Tras terminar la Licenciatura en Ciencias Químicas y realizar un proyecto de investigación durante un año Erasmus en Cambridge, UK, decidí iniciar una carrera de investigación. Realicé un doctorado entre el Instituto de Ciencias de la Tierra de Granada y la Universidad de Química de *Bologna*, estudiando cómo los organismos marinos, principalmente los corales, crean un ambiente favorable y específico para formar su esqueleto de carbonato de calcio y cuánto su formación está influenciada por condiciones externas como el pH, la temperatura o concentraciones de otros elementos abundantes en las aguas marinas, como el magnesio. Después, continué con un Postdoc de un año entre el Sincrotrón SOLEIL y el Instituto de Ciencias de la Tierra de París. En este caso, el objetivo fue elaborar un protocolo de caracterización no invasivo para analizar posibles fósiles detectados en las rocas de Marte y verificar su origen biogénico. Para realizar esta investigación, nos basamos en el estudio de estromatolitos –estructuras microbianas de origen primitivo-, que viven en lagunas a más de 4000 metros de altura en las montañas de los Andes, en condiciones muy similares a las supuestas que existieron en la Tierra primitiva o en otros planetas terrestres, como Marte. Gracias a la beca de investigación Marie Skłodowska Curie Individual Fellowship, pude alargar la investigación en París tres años en total.

Debido a las dificultades de financiación en investigación y con el propósito de volver a mi tierra, comencé a interesarme más en serio en el área de la divulgación. Aunque durante los años de investigación participé en diversos eventos de divulgación científica, acogí a estudiantes de institutos y realicé actividades de educación y sensibilización con el fin de lograr una mayor participación y progreso de las mujeres y las niñas en la ciencia, no fue hasta el año después de mi estancia en París, cuando recorrí varios colegios e institutos impartiendo charlas-talleres sobre las Expediciones en Marte o sobre cómo afecta el cambio climático a los corales. Fue entonces cuando me di cuenta de cuánto me motivaba la parte de la enseñanza y educación, el estar en contacto con personas y poder transferir el conocimiento de formas diferentes, junto a la investigación y a la experimentación en el aula, pensé que podía aportar mucho a la hora de enseñar, sobre todo en áreas científicas. Durante estos talleres, el personal docente me comentó

que contactaba muy bien con el alumnado. Todo ello dio lugar a que viese la docencia como una salida profesional.

Decidí hacer el máster porque era un trámite necesario para ser docente. Sin embargo, también consideré que podría ser útil para conocer cómo funciona el sistema educativo del estado español, los aspectos didácticos que engloban la educación y los aspectos psicológicos, pedagógicos y sociológicos, tan necesarios para trabajar con (y sin) personas y sobre los cuales poseía escasos conocimientos. Por lo que hacer este máster me ayudaría a conocer mejor los procesos de desarrollo del alumnado y también, a adquirir recursos para guiarlos en su aprendizaje.

1.2 La profesión docente

Según la RAE un/a profesor/a es una *persona que ejerce o enseña una ciencia o arte*. Esta definición parece indicar que la misión única del docente es enseñar una serie de contenidos dentro de una determinada área (Gilmart, 2013). Esta definición se acerca más a un tipo de enseñanza marcada por ser el profesorado el centro, en la cual éste indica lo que debe de ser aprendido y cómo debe de serlo, transmitiendo un determinado conocimiento por medio de clases magistrales y unificado por niveles. En este tipo de enseñanza, el alumnado tiene un control escaso de lo que aprende, del orden en el que lo aprende y de los métodos que debe utilizar, adquiriendo un enfoque de aprendizaje pasivo. Su función principal es reproducir el conocimiento transmitido por el profesorado en exámenes o pruebas escritas, basando su propia autoestima y sus logros en los resultados de dichos exámenes. Se considera al alumnado como objetos de observación, de evaluación y de intervención y se supone, además, que todo el mundo aprende de la misma manera, siguiendo unos pasos determinados que dependen, además, del año de nacimiento de la persona por encima de cualquier otro aspecto de la vida (Encina et al., 2019).

Para cumplir la definición propuesta por la RAE, bastaría con que el profesorado dominase la materia impuesta en los diferentes niveles y supiese comunicar esos conocimientos a través de clases magistrales. Pero, ¿es esto suficiente? ¿Engloba esta definición todas las funciones de la profesión docente?

Durante los Prácticum I y II, he podido observar que ser docente requiere algo más que tener conocimientos y transmitirlos. Conocer al alumnado, escuchar y observar forma también parte de la profesión, así como cooperar y colaborar con familias y con el resto del cuerpo docente. Esto va más allá de conocer y transmitir conocimientos científicos y se acerca más al objetivo educativo escrito en el Artículo 27.2 de la Constitución, que dice:

“La educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana en el respeto a los principios democráticos de convivencia y a los derechos y libertades fundamentales”

En este sentido la profesión docente está más cerca de la palabra *capacidad* que de la palabra *habilidad*. De ahí, probablemente, que el uso de la palabra *competencias* haya adquirido fuerza (de nuevo) en el área educativa durante estos últimos años, relacionando en gran parte la profesión docente con la *capacidad* de actuar ante diversas situaciones, usando conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas (Sarramona, 2007). Este aprendizaje por competencias no es nuevo, se sitúa en la línea de los procesos de enseñanza – aprendizaje que otras personas ya plantearon hace años, como Montessori o Freinet. Siguiendo esta línea, hoy en día se intenta cambiar el aprendizaje de los contenidos curriculares por un aprendizaje por competencias, haciendo hincapié en el uso de metodologías que acompañen y fomenten el aprendizaje por competencias; así, la Orden ECD/65/2015 indica:

“Para potenciar la motivación por el aprendizaje de competencias se requieren, además, metodologías activas y contextualizadas. Aquellas que faciliten la participación e implicación del alumnado y la adquisición y uso de conocimientos en situaciones reales...”.

Sin embargo, cuando se analizan los diseños curriculares que desarrollan las instituciones de formación docente se evidencia que en su mayoría están centrados en la *asignaturización* de contenidos y en enfoques centrados en el aprendizaje pasivo del alumnado (Sánchez Carreño, 2012), siendo la prioridad educativa conseguir finalizar los contenidos curriculares de cada nivel. Esto hace muy difícil tanto conseguir un aprendizaje transversal por competencias, como incluir metodologías que orienten hacia un cruce de saberes con una participación real del alumnado a través de experiencias y vivencias diversas. A pesar de ello, el RD1105/2014 incide que las metodologías didácticas realizadas en los centros escolares se caracterizan por ser:

“Un conjunto de estrategias, procedimientos y acciones organizadas y planificadas por el profesorado, de manera consciente y reflexiva, con la finalidad de posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos planteados”.

Esta dicotomía complica la profesión docente, y hace que sea un gran desafío pedagógico diseñar y organizar el espacio, el tiempo, las relaciones sociales, las actividades, el currículum y la evaluación para formar ciudadanos cultos, solidarios y autónomos (Pérez Gómez, 2019). De hecho, he observado que, durante los Prácticum I y II, la innovación se ve frenada u obstaculizada la mayoría de las veces por el extenso currículum que *hay que* impartir. La mayoría de los proyectos de innovación se han realizado fuera del horario educativo, lo que implica tiempo extra tanto para el alumnado como para el profesorado, incrementando la carga lectiva y haciendo que muchos de estos proyectos se vean imposibilitados. Es necesario ser consciente de la dualidad intrínseca existente en la profesión docente, por un lado, está el currículum basado en estándares y contenidos y, por otro lado, existe un discurso basado en el aprendizaje significativo individual. Esto, además, complica la tarea de la evaluación, ¿cómo podríamos evaluar procesos y resultados de una forma real, justa y equitativa que no supusiese el agotamiento del profesorado?

Podemos decir entonces que, aunque la educación formal hoy en día sigue teniendo un cariz tradicional, existe un esfuerzo por parte de la comunidad educativa para cambiar este enfoque hacia un aprendizaje por competencias transversales y utilizando diversas metodologías que engloben un mayor número de aprendizajes significativos (Agudo et al., 2014). Es tarea del personal docente conocer los posibles mecanismos y buscar las estrategias o metodologías didácticas más adecuadas para cada individuo.

No obstante, la enseñanza que hemos recibido la mayoría de las personas que ejerceremos hoy en día la docencia ha sido una enseñanza centrada en adquirir conocimientos, a partir de la memorización y la comprensión, casi siempre desde metodologías expositivas. Durante una de las clases del Máster, una profesora nos comentaba que, después de haber estudiado todo lo que había estudiado sobre educación y diversidad, en el momento en el que empezó a dar clase, utilizó las metodologías tradicionales con las que ella había aprendido, básicamente ejerciendo su papel a través de clases magistrales. Poco a poco, con esfuerzo y trabajo, fue cambiando hacia unas metodologías más abiertas e inclusivas. Aunque es un caso particular, he escuchado más discursos en esta línea que ponen de manifiesto dos hechos a

tratar. Por un lado, lo difícil que es cambiar mecanismos interiorizados desde muy corta edad y también, cuánto la teoría y la práctica pueden estar alejadas, ya que el ser conocedora de la teoría no implica serlo en la práctica. Por otro lado, refleja que, conocer y entender los diferentes tipos de pedagogías y metodologías a lo largo de la Historia, ayuda a fomentar un cambio en la propia forma de dar clase, enfocada no sólo en la adquisición de conocimientos del individuo, sino también en su crecimiento personal, *no poniendo tanto énfasis en el saber sino más bien en el ser de la persona* (Romera, 2019).

Preguntarnos qué queremos transmitir, no sólo a nivel conceptual, y qué y cómo va a aprender el alumnado es una pregunta esencial que debería hacerse cualquier persona que ejerza la profesión docente. Esto conlleva cuestionar y dudar, como punto de partida para desmontar creencias aceptadas a lo largo de muchos años de escolarización y condicionamiento cultural (Illich, 2006). Sólo así podremos fomentar un pensamiento activo y crítico, fundamental para generar individuos completos, que se conviertan en miembros que contribuyan a transformar la sociedad, en una sociedad racional y democrática (Facione, 2007).

En resumen, ser docentes no es una tarea fácil, sin embargo, para ejercer la profesión basta con poseer un título de una carrera, un título de un máster específico y superar unas oposiciones o una entrevista. Pero, una vez conseguido, ¿nos convierte esto *espontáneamente* en verdaderas docentes? Se presupone muy fácilmente que el personal docente que empieza está preparado para gestionar eficazmente un aula, cuando la realidad es que no nos han capacitado previamente para ello y que es un camino largo que requiere reflexión, análisis y mucha práctica del proceso de enseñanza-aprendizaje (Vaello Orts, 2011). En definitiva, actuar como docente implica ser una persona que medie en el aprendizaje, que conozca la disciplina, que sea abierta y dispuesta a acompañar al alumnado en su propio aprendizaje, incentivando el deseo de aprender y promoviendo nuevos aprendizajes, teniendo siempre presente que la realidad es heterogénea y diversa (Agudo et al., 2014).

2. Proyectos educativos

El primer proyecto educativo seleccionado para esta memoria se titula: *“Una experiencia didáctica desde el laboratorio para comprender los conceptos de solubilidad y cristalización”*. Este proyecto fue realizado durante el mes de febrero con el grupo de 2º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) que realiza la asignatura de Ámbito Científico y Matemático del Programa de Mejora del Aprendizaje y Rendimiento (PMAR) del colegio OD Santo Domingo de Silos.

A raíz de este proyecto surgió la necesidad de aprender a usar herramientas informáticas, lo que llevó al segundo trabajo seleccionado: *“Una experiencia didáctica a través de las hojas de cálculo para adquirir nociones de programación básicas”*. Esta parte fue realizada con el mismo grupo de forma no presencial durante el Prácticum II.

Ambos proyectos han sido realizados bajo la supervisión de María Eugenia Dies Álvarez como tutora de la Universidad y de Pablo Lahuerta Santamaría como tutor del centro y han servido para desarrollar los trabajos de las asignaturas de “Diseño de actividades de aprendizaje de Física y Química” e “Innovación e investigación educativa en Física y Química”.

2.1 Contextualización de los proyectos educativos seleccionados

La primera experiencia: *“Una experiencia didáctica desde el laboratorio para comprender los conceptos de solubilidad y cristalización”* se basó en tres actividades de aprendizaje de carácter cooperativo, que mantenían un hilo conductor – *Iniciación, Desarrollo y Aplicación*– (Couso, 2013):

- La **actividad de iniciación** –Los retos de la Sal común– se dividió en dos partes. La primera parte constó de una presentación, una evaluación inicial y una introducción a la práctica experimental que sirvió como guía. La segunda parte consistió en resolver cuatro retos relacionados con la disolución y la recristalización en grupos de tres personas.
- La **actividad de desarrollo** –La curva de solubilidad– tuvo por meta final elaborar una curva de solubilidad de la sal de ADP entre toda la clase. Los objetivos centrales de esta actividad fueron aprender qué es y cómo se utiliza un protocolo de investigación

y elaborar un análisis de datos progresivo, empezando con un tratamiento de datos *manual* y continuando con un tratamiento de datos con herramientas digitales, utilizando las hojas de cálculo.

- Por último, **la actividad de aplicación – Cristalización**- consistió en la cristalización de sales de ADP. Esta actividad tuvo como finalidad aplicar y reforzar los conocimientos aprendidos.

La parte final de la actividad de desarrollo consistió en tratar los datos utilizando herramientas digitales (Microsoft Excel u OpenOffice Calc), sin embargo, no hubo tiempo suficiente para realizarla durante el mes de febrero, por lo que pensé que sería buena idea llevarla a cabo durante el Prácticum II. No obstante, cuando comenzamos a elaborar la curva de solubilidad de la sal de ADP con herramientas digitales, comprobé que tenían un conocimiento muy escaso en hojas de cálculo y que la actividad no estaba resultando útil. Por lo que decidimos cambiar de estrategia y empezar por cálculo básico. Además, coincidió con que, parte de las tareas que tuvieron que realizar durante las semanas que duraba el Prácticum II, estaban relacionadas con el tema de estadística. Estos dos factores contribuyeron al diseño del segundo trabajo seleccionado: “Una experiencia didáctica a través de las hojas de cálculo para adquirir las primeras nociones de programación básicas”.

Las actividades quedan descritas en profundidad en los [Anexos I y II](#).

2.2 Justificación didáctica

La selección y elaboración de estas experiencias viene marcada por mi profesión previa como investigadora. Procesos esenciales en la profesión científica como son la exploración, indagación, análisis y reflexión proporcionan una oportunidad extraordinaria para construir aprendizajes significativos en la escuela. Por otro lado, el trabajo en equipo y en colaboración, necesarios tanto en investigación como en todas las áreas, son fundamentales para adquirir habilidades que nos ayuden a desenvolvernó de forma más adecuada y segura en nuestro entorno, fomentando el respeto y la aceptación de intereses diferentes al propio, activando la

comprensión, la empatía y el pensamiento crítico, entre otros. Estos son los pilares sobre los que se construyen las experiencias seleccionadas.

Las actividades en el laboratorio ayudan a entender conceptos e ideas teóricas y sirven para desarrollar destrezas y técnicas de investigación básica. Además, fomentan el razonamiento científico – *razonamiento basado en modelos, en casos o en reglas*- así como la exploración y el diseño para elaborar explicaciones y resolver problemas significativos (Talanquer, 2013). Sin embargo, no todas las experiencias prácticas son útiles o eficaces para un aprendizaje activo. Sucede que el alumnado percibe el laboratorio como un lugar donde están activos –están haciendo algo-, pero la mayoría son incapaces de conectar el fenómeno que están observando o haciendo con lo que están aprendiendo –con la teoría-. Pocas veces el alumnado participa en el diseño ni en la planificación del experimento, la práctica se reduce a una recogida de datos o a obtener información. Tampoco existe una reflexión real posterior, por lo que el trabajo de laboratorio se reduce a una práctica puntual sin conexión ni valor pedagógico. Por ejemplo, si una estudiante carece de la comprensión teórica de antemano, ya sea porque no posee el marco teórico o porque tiene uno diferente, no sabrá cómo realizar la práctica o cómo interpretar lo que vea. Esto hará que la docente tenga que darle la respuesta y, por tanto, la actividad no será útil desde un punto de vista pedagógico. Si es así, el alumnado se pasará toda la actividad sin comprender ni el objetivo del experimento, ni el procedimiento, ni la observación (Hodson, 1994).

Este es uno de los motivos por los que he seleccionado un proyecto didáctico que simula un proceso de investigación, no sólo como una experiencia práctica puntual, sino implicando al alumnado en los diferentes procesos que tienen lugar normalmente cuando se realiza un proyecto de investigación científica. Considero que puede servir como una solución para la construcción interna de conceptos y saberes y también, como una experiencia de crecimiento personal con tiempo para la práctica y tiempo para la reflexión, intensificando el aprendizaje de razonamientos críticos analíticos y desarrollando actitudes científicas.

El tema elegido, solubilidad y cristalización, viene marcado por mi participación en el Concurso de Cristalización en la Escuela. Este concurso pretende acercar de una forma vivencial la Cristalografía, el proceso de cristalización y, en general, la Ciencia a los estudiantes de Educación Secundaria (ESO, Bachillerato y FP), fomentando el estudio, el trabajo sistemático, el

pensamiento racional y la comunicación entre el alumnado, para fomentar las vocaciones científicas entre los estudiantes y dar a conocer cómo se trabaja y compite en el mundo científico (ISQCH (CSIC-UZ) y Dpto. CC de la Tierra, UZ).

Los conceptos de solubilidad y cristalización tratados aparecen en **el currículo aragonés** a lo largo de toda la etapa educativa y quedan recogidos en el mapa conceptual ([Anexo III](#)). Dichos contenidos, cuando analizamos en profundidad el currículo, podemos observar que aparecen de manera intermitente y no relacionada.

El currículo oficial de la LOMCE de la asignatura de Física y Química trata por primera vez la solubilidad en el bloque 2 del curso 3º ESO. En este bloque, titulado “La Materia”, se abordan los distintos aspectos de la materia y sus cambios de forma secuencial, haciendo una progresión de lo macroscópico a lo microscópico. Es en este curso donde interpretan gráficas de variación de la solubilidad de sólidos y gases con la temperatura. Sin embargo, no es hasta el bloque 4 de la asignatura de Química de 2º Bachiller, donde se vuelve a mencionar el concepto de solubilidad. En este curso se estudian las reacciones de solubilidad y precipitación, de las que se destacan las implicaciones industriales y sociales relacionadas con la salud y el medioambiente. El currículo oficial no contiene términos relacionados con solubilidad, como contenido, criterio o estándar de aprendizaje ni en 4º ESO ni en 1º Bachiller. Por lo que existe una desconexión de dos años entre la primera vez que se ve el concepto de curva de solubilidad y su continuación. Por otro lado, la relación entre solubilidad y la formación de compuestos cristalinos es fundamental y tiene que ser directa para comprender dichos conceptos. Sin embargo, no existe una relación directa en el currículo de 3º ESO, donde solubilidad aparece como un estándar de aprendizaje y el término cristal, aparece dentro de los contenidos del bloque: “Uniones entre átomos: moléculas y cristales”.

Si observamos los currículos de Biología y Geología, vemos que los fenómenos de cristalización se engloban dentro de los apartados relacionados con los minerales y las rocas, con sus propiedades, características y utilidades, en 1º ESO y en 3º ESO. Sin embargo, el término solubilidad no aparece en los currículos de Biología y Geología de la ESO ni de Bachiller. Por tanto, tampoco en esta asignatura existe una relación directa a nivel curricular entre la formación de cristales y solubilidad.

Esta desconexión se produce también en los **libros de texto**. En el libro de Física y Química de 3º ESO (Oxford University Press), está recogido el término solubilidad, su definición y su representación gráfica. La extensión de la parte teórica es de una hoja del libro, titulada: “La solubilidad de las sustancias”, y está dentro del Tema 3: “La diversidad de la materia”. Al finalizar este Tema 3, el libro incluye una actividad práctica que consiste en un protocolo de cristalización de cloruro de sodio, cuyo título es: “Separación de los componentes de una disolución” (Fig. 1). Sin embargo, los compuestos formados por cristales no se introducen hasta el Tema 6: “Los compuestos químicos”, exactamente 50 páginas después de la actividad práctica de cristalización.

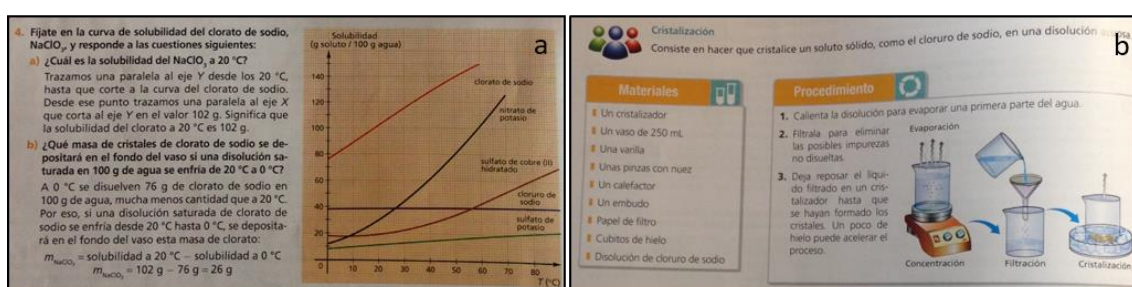


Figura 1. Extracción del libro de texto, con la representación gráfica de la curva de solubilidad (a) y la actividad propuesta sobre el protocolo de cristalización (b).

El libro de texto representa el medio más usado por el profesorado para sus clases y se considera como algo que no debe ser sometido a crítica (López Hernández, 2007). A pesar de ello, existen errores conceptuales en algunos libros de texto, generados por un proceso de reestructuración, que ocurre al diseñar los libros de texto o también, al impartir los contenidos en el aula, denominado transposición didáctica (Chevalard, 1985). En este proceso se puede perder gran cantidad y calidad de información, que puede generar ideas alternativas (de Pro Bueno et al., 2008). Pero no sólo son los libros de texto generadores de ideas alternativas, también el currículo oficial, la utilización de estrategias de enseñanza y metodologías de trabajo poco adecuadas, la influencia de las experiencias físicas cotidianas y del lenguaje oral y escrito o el mismo profesorado que tenga las mismas ideas alternativas que el alumnado (Carrascosa Alís, 2005). Estas ideas alternativas constituyen un tema central y son objeto de estudio en las investigaciones didácticas, constan de características comunes, suelen distar de los referentes científicos, son resistentes al cambio y pueden guardar cierta relación con las mantenidas por la comunidad científica a lo largo de la historia.

Los problemas relacionados con la comprensión del tema de las **soluciones** son complejos y fueron tratados ya en estudios realizados por Piaget e Inhelder hace más de dos tercios de siglo (Piaget y Inhelder, 1941). Estos estudios consistían en pedir al alumnado predecir lo que sucedería con la masa y el volumen al disolver el azúcar en el agua. Encontraron que el razonamiento de los niños pequeños está regido por la experiencia perceptiva, ya que los niños afirmaron que no se darían cambios de masa ni de volumen porque el azúcar "desaparecería" al disolverse. Sin embargo, los niños mayores de 10 años reconocían la presencia del azúcar, aunque repartida en trozos pequeños. Años más tarde, Prieto et al. (1989) encontraron que más de la mitad de los alumnos de 11 a 14 años reflejaban en sus dibujos una visión continua del soluto en la disolución. Estudios posteriores sugieren que estas ideas alternativas no han sido erradicadas y sus resultados indican que la mayoría del alumnado piensa que la masa no puede conservarse, bien porque el azúcar al disolverse desaparece o sufre una transformación de sólido a líquido o se desencadena una reacción química del azúcar al disolverse en agua (Driver et al., 1992; Ebenezer y Erickson, 1996; Flores et al., 1999).

Por otro lado, existen confusiones alrededor del concepto de **crystal** con el concepto de mineral o de vidrio. La causa de estas confusiones pueden ser los mismos libros de texto que introducen errores conceptuales en cuanto a su definición (Laita et al., 2018). Otra confusión recurrente es relacionar propiedades físicas macroscópicas de la materia con el mundo atómico (de Posada, 1993). Por ejemplo, entender un cristal de sal común como dos sustancias: cristal y sal o confundir que el mundo microscópico es como el macroscópico, pero de reducido tamaño: "Veríamos unas partículas de sal, formando unos cristalitos muy, muy pequeños". Otra confusión radica en la explicación de las redes cristalinas, ésta puede ser tomada al pie de la letra por los estudiantes. Concretamente a los trazos que dibujamos entre los iones de diferentes signos y a la separación existente entre ellos cuando dibujamos la celdilla unidad: "Su estructura interna es NaCl y tiene forma geométrica. Yo vería todos los enlaces de los átomos". En este punto, también existe confusión entre quién forma los cristales: "las partículas (átomos) de sal son átomos, iones y moléculas" (de Posada, 1993).

El tipo de aprendizaje de cada individuo es un factor importante para tener en cuenta cuando se diseña una actividad. Según el modelo de aprendizaje cíclico propuesto por Kolb (1984), que entiende el aprendizaje como un proceso mediante el cual el conocimiento se genera a través de la transformación de la experiencia, como un ciclo de preferencias cambiantes entre

lo activo, lo reflexivo, lo teórico y lo pragmático. Las experiencias aquí seleccionadas tienen en cuenta esta concepción cíclica, ya que permite generar diversas actividades con enfoques distintos que engloban las diferentes preferencias y facilidades individuales relacionadas con el aprendizaje.

En definitiva, este trabajo tiene un enfoque constructivista que sitúa al estudiante en el centro del proceso, no dependiendo exclusivamente de las características del medio de aprendizaje, sino también de las ideas que tienen, de las estrategias cognitivas disponibles y de sus propios intereses y propósitos (Driver et al., 1992). No se trata sólo de transmitir conocimientos, sino también de generar ambientes donde el alumnado mismo cree y construya sus propios conocimientos.

3. Presentación de los trabajos seleccionados

3.1. Presentación de la experiencia didáctica en el laboratorio

3.1.1. Objetivos de aprendizaje

- Comprender que una sustancia sólida puede disolverse en otra líquida
- Establecer la relación entre crystalización, disolución y recristalización
- Adquirir destrezas y procedimientos propios de la indagación y del trabajo de laboratorio
- Aprender a analizar datos manualmente y con *herramientas digitales (parte no presencial)*
- Aprender estrategias, procedimientos y técnicas de laboratorio

3.1.2. Competencias LOMCE

Las competencias que se trabajaron en esta experiencia fueron:

La Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: esta competencia se trabajó mediante la generación de hipótesis, la descripción de fenómenos, la exploración, la interpretación, el análisis, la reflexión sobre las diferentes actividades, los datos recogidos y la toma de decisiones en base a pruebas y experiencias.

La Competencia en comunicación lingüística: durante las actividades, una persona de cada grupo explicó al resto de la clase qué estaban haciendo, cómo y los resultados a los que llegaron como grupo. Además, durante las actividades 2 y 3 debieron comprender, recopilar y procesar la información de diversos protocolos de laboratorio, con lo cual estas actividades ayudaron a desarrollar la habilidad para utilizar la lengua, expresar ideas e interactuar con otras personas de manera oral o escrita.

Las Competencias sociales y cívicas: esta competencia se desarrolló trabajando de forma cooperativa en pequeños grupos que interaccionaban de manera constructiva con el resto. De este modo se trabajó la capacidad para relacionarse con las personas y participar de manera activa, participativa y democrática en la vida social y cívica.

Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor: Estas actividades pretendieron fomentar las habilidades necesarias para convertir las ideas en actos, a través de la creatividad y la experimentación, tomando decisiones para planificar y gestionar cada una de las tareas propuestas.

Aprender a aprender: esta competencia se trabajó promoviendo un aprendizaje activo, donde fue el alumnado mismo quien buscó respuestas a sus propias preguntas, motivando la curiosidad para iniciar el aprendizaje y persistir en él, organizar sus tareas y tiempo, y trabajar de manera colaborativa para conseguir un objetivo.

3.1.3. Contenidos curriculares

Los contenidos que se trataron en esta propuesta aparecen en el bloque 1 currículo aragonés de la asignatura de Ámbito Científico y Matemático de PMAR recogido en la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón y fueron:

- Planificación del proceso de resolución de problemas científico-matemáticos
- El trabajo en el laboratorio: Proyecto de Investigación
- Estrategias y procedimientos puestos en práctica: uso del lenguaje apropiado y reformulación del problema
- Reflexión sobre los resultados: comprobación e interpretación de las soluciones en el contexto de la situación
- Confianza en las propias capacidades para desarrollar actitudes adecuadas y afrontar las dificultades propias del trabajo científico

3.1.4. Metodología

Este proyecto se basó en tres actividades de aprendizaje – *Iniciación, Desarrollo y Aplicación*- siguiendo el modelo de Couso (2013). En la tabla 1 se recoge la progresión de las actividades, así como su relación con los objetivos de la investigación y con los objetivos de

aprendizaje propuestos. Las tres actividades se realizaron en el laboratorio y cada actividad tuvo una durabilidad de dos horas.

Tabla 1. Secuenciación de los objetivos didácticos del proyecto didáctico siguiendo el modelo de Couso (2013).

Progresión – Conocimiento	Progresión – Demanda	Redacción de los objetivos de aprendizaje (OA)	Relación de las actividades diseñadas para conseguir los OA
Las sustancias <ul style="list-style-type: none"> • Se disuelven • (re)Cristalizan 	Observar Identificar Indagar Reconocer	Comprender que una sustancia sólida puede disolverse en otra líquida. Establecer la relación entre cristalización y recristalización.	Act 1. Los retos de la sal común <ul style="list-style-type: none"> • Familiarización con los conceptos, las estrategias y los procedimientos
Este proceso puede medirse	Experimentar Reflexionar Medir Analizar Indagar	Adquirir destrezas y procedimientos propios de la indagación y del trabajo de laboratorio. Aprender a analizar datos con herramientas digitales.	Act 2. La curva de solubilidad <ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de laboratorio • Experimentación • Análisis de datos
La formación de los cristales como estructura ordenada	Relacionar Experimentar Reflexionar Reforzar Justificar	Reforzar lo aprendido en cuanto a procedimientos, técnicas de laboratorio y los conceptos adquiridos.	Act 3. Cristalización sal de ADP <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar y reforzar conocimientos aprendidos • Reflexión

La metodología utilizada fue el trabajo cooperativo en grupos pequeños de 3 personas para asegurarse de la participación de todo el alumnado y asumiendo cada persona del grupo un rol:

- La secretaria. Esta persona se encargó del cuaderno de laboratorio.
- La repartidora. Esta persona se encargó del material, fue la responsable de la toma y la devolución del mismo, así como de un uso correcto. También dictó a la secretaria/o de los materiales que fueron usando a lo largo de la práctica.
- La portavoz. Esta persona fue la representante del grupo y se encargó de expresar y describir los diferentes aspectos recogidos por el grupo en cada tarea.

También tuvo un carácter recíproco, pues los grupos se necesitaron los unos a los otros para realizar un reto conjunto: la elaboración de la curva de solubilidad de la sal de ADP.

Las actividades propuestas quedan descritas en profundidad en [el Anexo I](#).

En principio, estaba planeado que esta actividad terminase con el grupo elaborando una clase sobre cómo cristalizar para el alumnado de 4º Primaria del centro OD Santo Domingo de

Silos, dentro del Programa Ciencia en Acción. Debido al Covid19 no pudo llevarse a cabo, por lo que decidimos crear un canal YouTube de divulgación de experimentos de cristalización sencilla para hacer en casa: <https://www.youtube.com/channel/UC0CdONuQ4F4twHQBtbiQTJg>.

3.1.5. Evaluación

Para realizar una evaluación continua y formativa que valorase tanto el grado de dominio de los conocimientos adquiridos, así como el desarrollo de las competencias básicas y para tener en cuenta la situación individual de cada persona, utilicé diversos instrumentos de evaluación:

- **Evaluación inicial.** Al empezar la actividad 1 se realizó un intercambio hablado con el alumnado para conocer sus nociones y conocimientos previos ([ver Anexo I](#)).
- **Observación e interacción oral.** Mediante la observación y la interacción oral con el alumnado como forma de evaluación formativa, reguladora y correctora, proporcionando información al alumnado para adaptar, corregir o confirmar el proceso individual de aprendizaje.
- **Prueba escrita.** Se realizó una prueba escrita como evaluación final de la experiencia para conocer si se habían comprendido los conceptos explicados durante las actividades ([Anexo I](#)). Esta prueba se planteó de manera que sirviese para evaluar las competencias adquiridas, potenciando la comprensión y comentando los resultados posteriormente (Fig. 2).

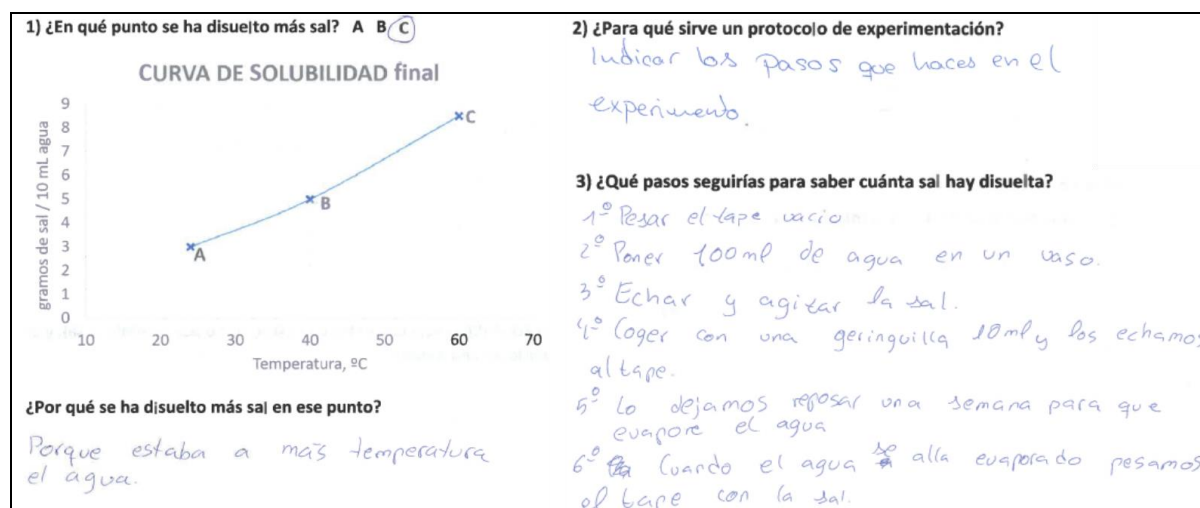


Figura 2. Ejemplo sobre algunas preguntas de la prueba escrita.

- **Cuaderno de laboratorio.** El análisis de este instrumento proporciona una fuente de información sobre los procesos de exploración, aprendizaje y reflexión llevados a cabo por

cada grupo (de Echave Sanz et al., 2018). En general, aunque fue la primera vez que lo utilizaron, consideraron la escritura en el cuaderno aburrida y costosa. Conseguimos motivar su uso y que adquiriese importancia gracias a dos aspectos: uno, porque para realizar la actividad posterior debían ayudarse de la actividad anterior escrita en el cuaderno y la segunda, porque hubo un error en las medidas y gracias a lo que habían escrito en el cuaderno pudimos subsanarlo. Como elemento evaluador, pude conocer qué ideas habían tenido durante los retos y cómo había diseñado cada grupo su protocolo de cristalización (Fig. 3).

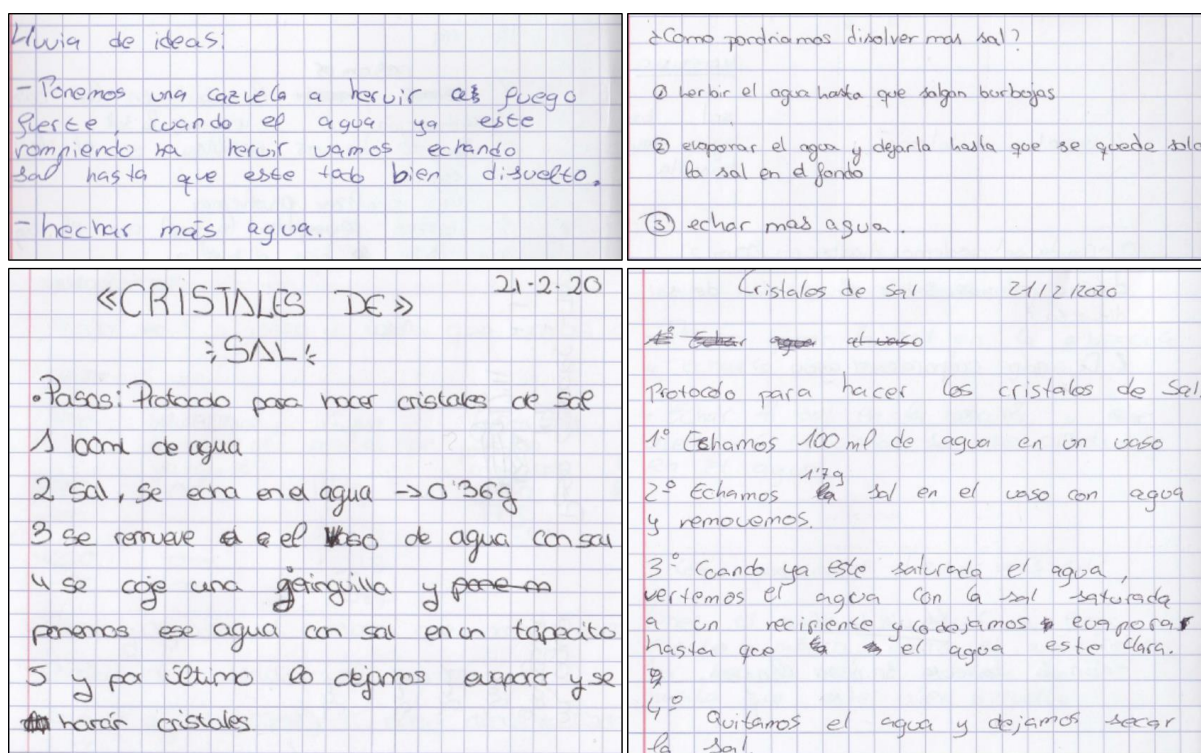


Figura 3. Fragmento de dos cuadernos de laboratorio, mostrando una lluvia de ideas (arriba) y el protocolo diseñado para formar cristales de sal común realizado por dos de los cuatro grupos (abajo).

Por último, para evaluar el proceso, la propia práctica docente y las características del alumnado, realicé un formulario (<https://forms.gle/AzpNEqdGkKbKLnSV7>). Como este formulario incluyó también el segundo trabajo seleccionado, los resultados quedan descritos en el [apartado 3.2.5](#).

3.2 Presentación de la experiencia didáctica no presencial sobre las hojas de cálculo

3.2.1. Objetivos de aprendizaje

- Adquirir nociones de programación a un nivel muy básico
- Aprender a analizar datos con herramientas digitales como parte del trabajo en el laboratorio al realizar un proyecto de investigación.
- Reforzar conocimientos estadísticos teóricos
- Fomentar el trabajo cooperativo y la motivación al aprendizaje

3.2.2. Competencias LOMCE

Además de las competencias descritas en la experiencia anterior, en esta actividad se trabajó también la Competencia digital, ya que implicó el uso crítico de las TIC para obtener, analizar y producir información fomentando la capacidad de análisis y el pensamiento crítico.

3.2.3. Contenidos curriculares

Los contenidos que se trataron en esta propuesta aparecen en el bloque 1 currículo aragonés de la asignatura de Ámbito Científico y Matemático de PMAR recogido en la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón y fueron:

- Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- Práctica de los procesos de matematización y modelización, en contextos de la realidad y en contextos matemáticos.
- Confianza en las propias capacidades para desarrollar actitudes adecuadas y afrontar las dificultades propias del trabajo científico.
- Utilización de medios tecnológicos en el proceso de aprendizaje para: la elaboración y creación de representaciones gráficas de datos numéricos, funcionales o estadísticos; y la realización de cálculos de tipo numérico, algebraico o estadístico.
- Proyecto de Investigación

3.2.4. Metodología

Esta actividad fue diseñada para trabajar en clases cooperativas **multi-aula** mediante la aplicación Meet, que permitió al alumnado trabajar por grupos desde sus casas, reuniéndose en varias aulas virtuales en las que podían entrar y salir telemáticamente para trabajar en equipo, y por las que el profesorado podíamos pasarnos libremente para guiar el trabajo y solventar las posibles dudas. Concretamente, la clase se dividió en los mismos grupos que se formaron durante las actividades presenciales, tres grupos de tres personas y un grupo de dos. Cada grupo trabajó por separado en su aula, ayudándose entre ellas/os, ya que podían hablar y también hacer uso de la herramienta *compartir pantalla*. En total fueron 6 sesiones de una hora cada una.

Para introducir las hojas de cálculo, utilicé HojasCALC de Gsuite, ya que permite el uso compartido y varias personas pueden modificarla a la vez. Así, aunque no estuviese dentro de la sala, podía observar qué iban haciendo y cómo. Además, para verificar que todo el alumnado trabajaba, creé una pestaña (o libro) para cada persona, por lo que todos tenían que ir cumpliendo los objetivos. Esta herramienta también permitió que se fuesen ayudando ya que podían editar la hoja del resto o mostrar a través de *compartir pantalla* cómo hacerlo.

La **metodología** de las clases fue la siguiente. Primero, comenzamos todas las personas reunidas en la sala-virtual general, donde expliqué en qué iba a consistir la actividad del día. Segundo, nos dividimos en grupos en las diferentes salas virtuales donde les pasé el link con la hoja de cálculo para que pudiesen empezar a trabajar cada persona en su pestaña, pero también en grupo a través de las salas; mientras el profesorado fuimos pasando por las salas y apoyando o resolviendo dudas. Conforme iban consiguiendo los retos propuestos, expliqué los siguientes y les copié y pegué los retos en su propia pestaña para que pudiesen seguir trabajando. Con este método, cada grupo pudo trabajar **a su ritmo y de manera progresiva**. Además, en cada nueva sesión, repetían la tarea del día anterior, así, por un lado, los que lo tenían hecho repasaban y los que no habían podido terminar las tareas propuestas en el día anterior, podían realizarlas entonces. Tercero, los últimos cinco minutos de la clase, nos reuníamos en el aula-virtual general para hacer un cierre de la actividad, resolver dudas generales y despedirnos hasta el día siguiente.

La actividad está descrita en mayor profundidad en [el Anexo II](#).

3.2.5. Evaluación

Los diferentes instrumentos de evaluación utilizados fueron:

- **La observación**, tomando nota de los aspectos que consideré más relevantes. Observando a los diferentes grupos, pude comprobar qué ritmo llevaban y qué dificultades tenían. Así, en la siguiente sesión, incidía en aquellos puntos que pensaba que eran más conflictivos. Por otro lado, había personas que terminaban la tarea antes, entonces les animaba a que se lo explicasen al resto del grupo compartiendo pantalla en los diferentes grupos. Observando cómo el alumnado explicaba, anotaba errores de concepto o de notación en el cuaderno para comentarlos en la sesión general. Esto hizo que, poco a poco, utilizasen un lenguaje propio o más adecuado para las hojas de cálculo. Por ejemplo, las “casillas” fueron “celdas”, también “sigma mayúscula” o “donde están las fórmulas” dejó de llamarse “la E rara”.
- **El análisis diario de los trabajos**. Tras cada sesión, comprobé qué y cómo habían formulado los resultados individualmente. Por ejemplo, para la primera parte –suma, resta, multiplicación y división–, había personas que preferían usar directamente las fórmulas y otras que escribían: “=XX+YY+ZZ”. Dado que el uso de las fórmulas es más sofisticado, es el utilizado en programación y, además, necesario para la segunda parte –media, moda y mediana–, las personas que habían incluido las fórmulas fueron las encargadas de explicar cómo lo habían hecho en sus respectivos grupos durante la parte de repaso de la siguiente sesión. Con este método, poco a poco todas las personas fueron aprendiendo a utilizar las fórmulas.
- **Un control** en forma de Scape Room (<https://eduescaperoom.com/enigma/TwykdbSL7z6g>), consistió en una serie de preguntas que incluyeron: cálculo de una media, moda y mediana, identificar objetos de laboratorio, interpretación de una gráfica, interpretación de una curva de solubilidad y un cálculo final. Utilicé la herramienta para generar candados digitales de EduEscapeRoom, la historia trataba sobre el robo del protocolo de cristalización de un laboratorio y la posterior búsqueda del ladrón. Para realizar esta actividad, se dividieron en grupos. A cada grupo le envié el link del Escape Room y un link con una hoja de cálculo vacía, para que ellos/as mismos/as introdujesen los datos. Lo terminaron cumpliendo los objetivos propuestos y utilizando la hoja de cálculo. Con esto, considero que los objetivos propuestos inicialmente quedaron cumplidos y que lograron adquirir las primeras nociones básicas para trabajar con hojas de cálculo.

Por último, para valorar y verificar la adecuación del proceso de enseñanza-aprendizaje de esta actividad desde el punto de vista del alumnado, realicé un **cuestionario de motivación** (<https://forms.gle/AzpNEqdGkKbKLnSV7>), que incluyó preguntas sobre ambas experiencias -las actividades de laboratorio y las actividades no presenciales sobre las hojas de cálculo-, sobre las características del alumnado y sobre mi actividad como docente.

En general, las respuestas sobre la actividad en sí misma han sido positivas. Tanto la parte del laboratorio como la no presencial han recibido comentarios positivos y han valorado el trabajo en equipo (Fig. 4). Algunas personas comentan que lo que más les ha gustado es el trabajo en el laboratorio: "Lo que más me ha gustado es lo de la cristalización, porque aprendíamos divirtiéndonos" y a otras personas hablaban más sobre la parte no presencial: (textos literales) "Lo que más me ha gustado es hacer las tablas y luego ir paso por paso haciéndolas. *Por qué* me entretienen y aprendo a hacer más cosas" o "Lo que más me ha gustado ha sido el escape room, porque se hace *virtual mente*". Aunque también hay un comentario negativo: "Lo que menos me ha gustado es hacer cálculos".

Sobre la actividad:	Sobre la actividad:
¿Qué es lo que más te ha gustado? ¿Por qué? 8 respuestas	¿Qué es lo que menos te ha gustado? ¿Por qué? 8 respuestas
Hacer las tablas y luego ir paso por paso haciéndolas. Por qué me entretienen y aprendo hacer mas coas	Esperar. Por qué no me gusta
el trabajo en equipo porque mola	nada
El trabajo en equipo porque es mejor	Hacer cálculos
Lo de la cristalización, porque aprendíamos divirtiendonos	Me gusto todo
TODO. POR QUE A ESTADO MUY INTERESANTE	Nada. Me a gustado todo
Todo porque me he entretenido mucho	Nada porque no se
El scape room, porque se hace virtual mente	Que se acaben estas cosas
Las clases de laboratorio por que eran muy entretenidas y explicaba muy bien	Nada porque me a gustado todo

Figura 4. Cuestionario sobre la actividad.

Comentan que han disfrutado y que les gustaría desarrollar más actividades de este tipo a lo largo del curso, en parte porque se divierten más y en parte porque aprenden más o porque les gusta trabajar en grupo y también dan algunas ideas sobre qué más cosas les gustaría hacer (Fig. 5).

<p>¿Te gustaría hacer más actividades de este tipo durante el curso? ¿Por qué?</p> <p>8 respuestas</p> <p>Si. Por qué con las actividades aprendes mas te diviertes más.</p> <p>si</p> <p>Si aunque no podamos porque se aprende mucho</p> <p>Si, porque aparte de aprender te diviertes y no es todo el rato memorizar</p> <p>Si. Aprendes algo</p> <p>Si porque así aprenderé algo mas</p> <p>Más scape room, porque se hace en grupo y nos ayudamos unos a otros</p> <p>Si porque se aprende más que en clase con el libro ya que es entrenado las clases</p>	<p>Si puedes da algún ejemplo de cosas que te gustaría hacer:</p> <p>7 respuestas</p> <p>Cristales que iluminen y dejen la habitación como si fuera una discoteca</p> <p>no se</p> <p>Hacer un volcan</p> <p>Experimento</p> <p>Me daría igual</p> <p>Scape room</p> <p>Más clases en el laboratorio</p>
--	--

Figura 5. Formulario sobre la actividad desarrollada.

Como punto para mejorar tras analizar los resultados sobre mi actividad como docente (Fig. 6), pienso que podría invertir más tiempo en la explicación sobre lo que tenemos que hacer o hacer hincapié en conseguir una mayor precisión expositiva. Esto se puede ver en el apartado “ha sido fácil lo que teníamos que hacer”, donde hay más “bastante de acuerdo” que “muy de acuerdo”. En los aspectos referentes a “la actividad ha estado bien preparada”, “me han resuelto todas las dudas que he preguntado” y “se me han resuelto todas las dudas que he preguntado” la respuesta ha sido positiva.

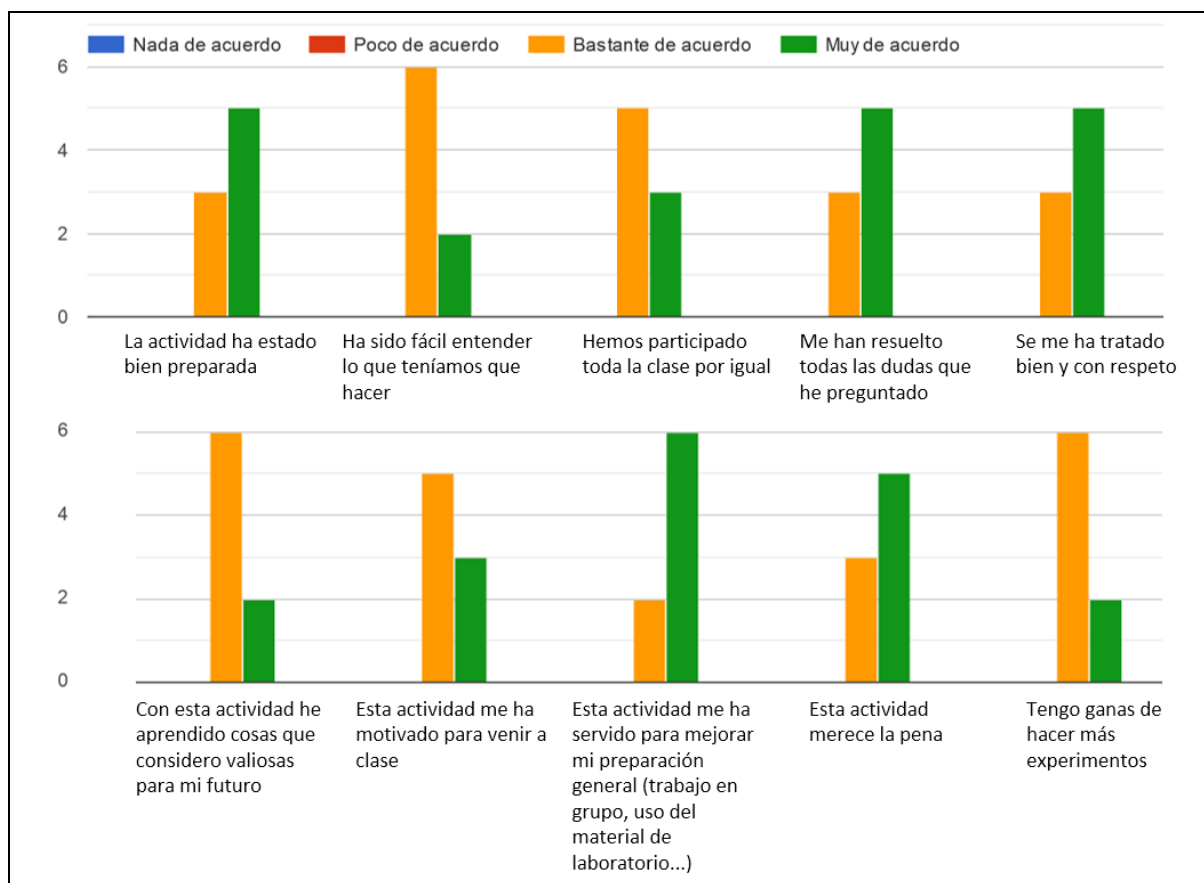


Figura 6. Evaluación de la docencia y de las actividades por parte del alumnado.

Para conocer las motivaciones, expectativas y valores relacionados con el aprendizaje elaboré un formulario siguiendo el cuestionario MEVA (Fig. 7); concretamente, con el fin de averiguar las motivaciones y las orientaciones motivacionales: orientación al aprendizaje (preguntas 1-6), orientación al resultado (preguntas 7, 8 y 11) y orientación a la evitación (preguntas 9 y 12) que hacen que el alumnado trabaje o no (Tapia, 2007, 2005).

En el gráfico de la figura 7, donde se analizan las tendencias generales de la clase, podemos observar que la principal tendencia es *la orientación al aprendizaje*, que se caracteriza por presentar no sólo las características motivacionales a las que hacen referencia cada uno de los motivos específicos con los que se relaciona, sino por tener buena confianza en sí mismos: se sienten capaces de afrontar con éxito las tareas escolares y su forma de regular el aprendizaje y de controlar sus emociones tiende a ser positiva. Sobre las motivaciones específicas propuestas en Tapia (2007) dentro del apartado *la orientación al aprendizaje*, podemos concluir que la motivación principal específica es la propia *motivación por el aprendizaje*. Esto se observa también en los comentarios anteriores (Fig. 4 y 5), donde exponen que les han gustado estas actividades porque han aprendido. Coincidiendo con los comentarios positivos sobre el haber

trabajado en equipo, la pregunta 1 –*me gusta hacer las cosas yo sola/o*– muestra su preferencia por el trabajo en grupo.

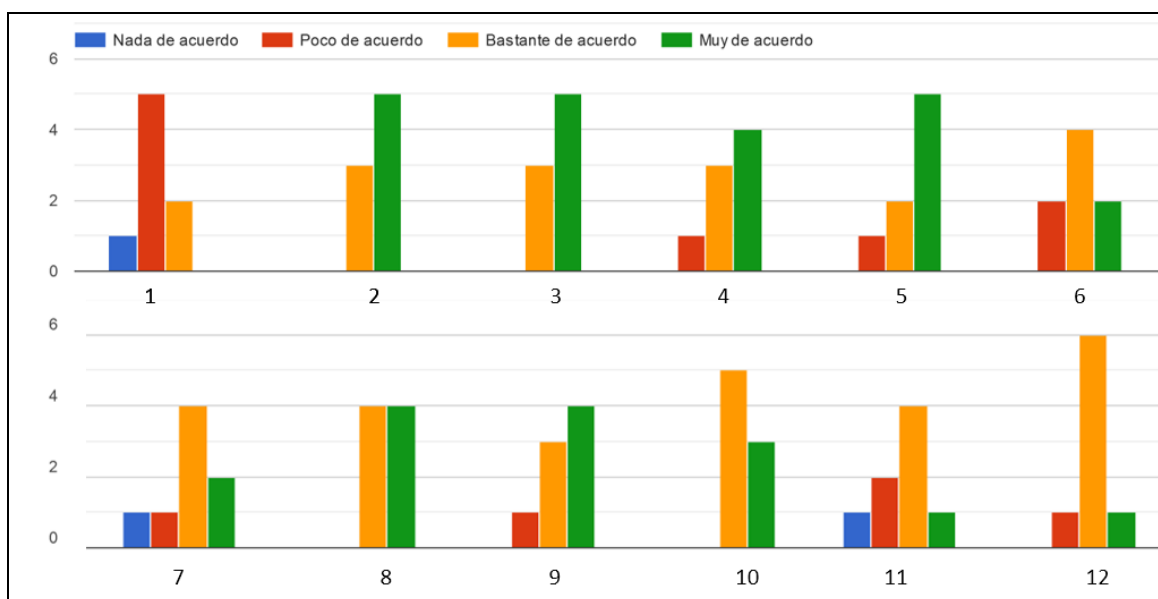


Figura 7. Evaluación sobre motivación intrínseca y extrínseca. (1) *Me gusta hacer las cosas yo sola/o*; (2) *Me gusta que las demás personas me acepten*; (3) *Me gusta aprender y experimentar*; (4) *Me gusta aprender lo que es importante y útil*; (5) *Me gusta ser útil y poder ayudar a las demás personas*; (6) *Me gusta trabajar*; (7) *Me gusta que me den recompensas cuando realizo una tarea*; (8) *Me gusta que me valoren de forma positiva*; (9) *No me gusta que me valoren de forma negativa*; (10) *No me gusta tener presión (cuando tengo que hacer muchas cosas en poco tiempo)*; (11) *Me gusta influir y causar un impacto en las demás personas*; y (12) *Me gusta evitar los efectos negativos*.

Sobre *la orientación al resultado*, que se caracteriza por el esfuerzo sólo cuando está en juego algún tipo de evaluación (especialmente cuando conlleva una nota o calificación), el motivo específico más puntuado es el deseo de una valoración positiva (pregunta 8), pero no buscan tanto la obtención de una recompensa (pregunta 7) ni un deseo del éxito público y su reconocimiento (pregunta 11). Sobre el deseo de *no dejarse desbordar por la presión* (pregunta 10), que se relaciona positivamente con la orientación al resultado y negativamente con la orientación a la evitación, está puntuada de manera positiva, por lo que la tendencia es que este grupo busca no dejarse desbordar por la presión del tiempo, lo que hace que se esfuercen más cuando experimentan esta presión. Tener esta característica contribuye a amortiguar la tendencia a la evitación del trabajo que suelen experimentar las personas que temen fracasar (Tapia, 2007).

Por último, *la orientación a la evitación* se caracteriza por la búsqueda de evitar la experiencia emocional negativa que acompaña al fracaso, especialmente si este es público, y, en

menor medida, también refleja el rechazo de las tareas por considerarlas inútiles. La puntuación sobre el miedo al fracaso (preguntas 9 y 11) es, en general, alta, por lo que podemos decir que buscan evitar la evaluación negativa por parte de los demás. Esto puede hacer que tiendan a no implicarse en tareas en las que, aunque podrían aprender, podrían también quedar mal frente a los demás u obtener una calificación negativa que condujese a esa valoración negativa.

Conocer estas variables es esencial, ya que sirve para hacerse una primera idea sobre los problemas implicados en la evaluación de los aspectos que pueden afectar a la motivación por aprender. Aunque aquí sólo expongo los resultados generales, podríamos analizar los datos para obtener los resultados de cada individuo. Así, conoceríamos las motivaciones al aprendizaje personales con el objetivo de sacar lo mejor de cada persona.

4. Reflexiones

Ambos proyectos fueron elaborados para el grupo de 2º ESO de la asignatura de Ámbito Científico y Matemático del PMAR. Esta asignatura abarca las disciplinas de Matemáticas, Física y Química y Biología y Geología y presenta, por tanto, un escenario único para realizar un enfoque globalizado, multidisciplinar y transversal como el descrito en los proyectos seleccionados.

Los dos proyectos tuvieron un enfoque constructivista y se apoyaron en: fundamentos psicológicos, con una construcción personal del conocimiento a través de las diferentes tareas; fundamentos empíricos, considerando las ideas del alumnado; y fundamentos epistemológicos, por medio de la observación-teoría y la interpretación fenomenológica. Se consideró también la importancia del **entorno de aprendizaje**, ofreciendo diferentes escenarios –en el laboratorio, los grupos fueron cambiando la posición según el día y según la tarea que realizaban; la parte no presencial se realizó individualmente en el mismo lugar, pero cambiando virtualmente de sala-, facilitando el acceso a materiales prácticos en el laboratorio y efectuando actividades diversas que permitieron abarcar un amplio abanico de aprendizajes cognitivos, afectivos y sociales. Esta variación del entorno permitió afrontar la diversidad natural existente en la clase, considerando que no todo el alumnado tiene que hacer lo mismo, al mismo tiempo y en el mismo lugar. El conjunto de ambas propuestas intentó tener en cuenta las diferentes necesidades individuales, reconociendo el respeto a la diferencia y su atención.

La **metodología** utilizada para ambos fue el trabajo cooperativo y colaborativo, con grupos flexibles y abiertos para atender a los distintos ritmos de aprendizaje, fomentando espacios de comunicación, de decisión responsable y de autonomía. Aunque cada grupo trabajó de forma autónoma, se necesitaron unos a otros para lograr metas comunes. Se utilizó el símil con los grupos de investigación, que tienen –normalmente- un carácter funcional y dinámico y necesitan interaccionar e interactuar entre ellos para lograr un objetivo mayor (Rocha et al., 2008). Bien es cierto que la formación de los grupos sin conocer al alumnado no es una tarea fácil. En este caso fue el alumnado mismo quién decidió los grupos por sus preferencias personales y afinidades, lo que hizo que no existiesen grupos mixtos. Considero que fue un error de partida que no conseguimos subsanar a lo largo de la actividad presencial. En cambio, durante la actividad no presencial, al existir mayor movilidad y flexibilidad en los grupos, sí que se consiguió parcialmente. Por otro lado, conforme fuimos avanzando en las diferentes actividades

observamos cómo funcionaban y en algunos casos realizamos pequeños cambios valorando compatibilidades e incompatibilidades entre compañeros/as con el fin de conseguir grupos atendiendo a la atención a la diversidad, el aprendizaje inclusivo y la consolidación de aprendizajes (Pujolàs et al., 2011). Los grupos formados consistían en 3 miembros, lo que contribuyó a que todas las personas del grupo participasen en cada tarea propuesta.

Generalmente en el aula de las asignaturas de ciencias experimentales se llevan a cabo razonamientos secuenciados y lineales que se superponen a otros producidos de forma gradual. Sin embargo, la comprensión y evolución del conocimiento científico está condicionado por factores como el pensamiento convergente, el divergente, la lógica y la creatividad. Tres aspectos concretos consideré al diseñar ambos proyectos, aspectos esenciales para **aprender ciencias** (Hodson, 2003): (i) Aprender ciencia, a través del desarrollo de conocimientos teóricos y conceptuales (ver mapa conceptual del [Anexo III](#)) y del aprendizaje de destrezas científicas manipulativas y argumentativas en el laboratorio. (ii) Hacer ciencia, implicándose en la investigación a lo largo de las actividades secuenciadas resolviendo los diferentes retos científicos propuestos. (iii) Aprender sobre ciencia, comprendiendo los métodos de trabajo a lo largo de un proyecto científico y relacionando la importancia del área científica de la cristalización con el mundo que nos rodea.

Ambos proyectos se pueden considerar como **trabajos prácticos** (Del Carmen, 2000), fueron útiles para facilitar la comprensión de conceptos teóricos a través de actividades prácticas -ya fuese en el laboratorio o en una hoja de cálculo- y para mejorar la motivación del alumnado, a la mayoría les gustaría realizar más actividades de este tipo (esto se puede ver en el cuestionario de motivación descrito en el apartado de [Evaluación 3.2.5](#), Fig. 5). También facilitó la comprensión sobre cómo se elabora el conocimiento científico, realizando un proyecto científico y, por último, permitió considerar la existencia de datos anómalos –medida errónea de la masa inicial de los tapes- y darle una explicación gracias al cuaderno de laboratorio.

Los **conocimientos previos** son uno de los factores más influyentes en el aprendizaje, resulta pues imprescindible, averiguarlos y enseñar de acuerdo a ellos (Ausubel et al., 1968). Los orígenes de estas concepciones en ciencias experimentales pueden ser debidos a experiencias personales muy variadas que incluyen la percepción, la cultura de los iguales, el lenguaje, los métodos de enseñanza, las explicaciones del profesorado y los materiales didácticos.

Prestar atención al modo de definir y comprender el contenido del tema a enseñar y la didáctica, así como la relación entre ambos, es necesario para el aprendizaje del alumnado y clave para la investigación y la mejora de nuestra práctica docente (**Conocimiento Didáctico del contenido**, Shulman, 1999). Para ello, resulta fundamental tener en cuenta que toda actividad educativa tiene como respaldo una serie de creencias y teorías implícitas que forman parte de nuestro pensamiento (docente) y que orientan sus ideas sobre el conocimiento, la construcción de su enseñanza y su aprendizaje (Acevedo, 2009). Para comprender qué quería que aprendiese el alumnado durante los dos proyectos, realicé una planificación que incluyó los objetivos educativos, la estructura conceptual, las ideas que quería transmitir y el contexto educativo. Asimismo, después de cada una de las experiencias, reflexioné sobre mi práctica como docente a través de un auto-análisis sobre mis propias concepciones relativas a la materia que estaba impartiendo, así como sobre las formas de enseñar. Esto lo pude realizar gracias al cuaderno de la docente (de Echave Sanz et al., 2018) y el material audio-visual realizado por Jorge Martín García durante las sesiones presenciales. No sólo con los proyectos, pero también con las clases virtuales durante el Prácticum II, observé que el ser docente exige el dominio de unos conocimientos que van más allá de los correspondientes a mi titulación de origen y también experimenté las tensiones existentes al trabajar con ciertos contenidos científicos específicos que no dominaba en profundidad y que, por tanto, podía tener alguna idea alternativa previa.

Antes de diseñar el primer proyecto, analicé el contenido de un libro de texto de Física y Química (Fig. 1) para identificar y reflexionar sobre las posibles dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los conceptos relacionados con *solubilidad*. El análisis consistió en la identificación de 7 categorías de análisis, siguiendo la metodología de (Laita et al., 2018). Estas 7 categorías incluyeron un estudio sobre el lenguaje, las imágenes, las actividades y las ideas alternativas. Los resultados principales quedan recogidos en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del análisis del contenido del libro de texto.

Categorías	Resultados
1. Presencia término “solubilidad”	Sí
2. Se define el término “solubilidad”	Sí, definición completa
3. Se indican los usos	No
4. Utiliza imágenes	Sí, una representación gráfica
5. Incluye actividades	Sí, ambas
6. Existen contradicciones internas	No encontradas
7. Existen ideas alternativas	Sí

En este libro concreto, la definición del término solubilidad era completa, incluía la definición y algún ejemplo o imagen que facilitaba su comprensión. Sin embargo, no era del todo correcta, ya que mencionaba únicamente que la solubilidad varía con la temperatura, y esto puede dar lugar a considerar que no existen otros factores que modifiquen la solubilidad, como la presión. Por otro lado, la definición de la curva de solubilidad escrita en el libro era la siguiente:

“Una curva de solubilidad es la representación gráfica de los datos de solubilidad de un determinado soluto en 100 g de disolvente a diferentes temperaturas”

El uso en la definición de “datos de solubilidad” no estaba claro, ya que no indicaba en el libro en qué consiste o qué es un dato de solubilidad. Por ello y aprovechando que el libro definía los términos saturación, soluto y solvente, podría ser modificada por:

“Una curva de solubilidad muestra la concentración de saturación de un soluto en un solvente en función de una propiedad que varía, como la temperatura o la presión.”

Como hemos visto antes, uno de los factores necesarios para aprender ciencias es aprender sobre ciencia, comprender su naturaleza y ser consciente de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Sobre esto último, el libro no incluía los usos de la curva de solubilidad, no se nombraba ningún uso práctico relacionado con su uso industrial o natural. ¿Para qué se utiliza? ¿Es relevante en la industria o en la naturaleza? ¿Para qué nos sirve? Faltaría responder a dichas preguntas para permitir al alumnado establecer una conexión entre la curva de solubilidad y su entorno. Por ejemplo, se podría relacionar con la formación natural de los cristales gigantes de Naica (Van Driessche et al., 2011). Además, con este ejemplo podríamos

incluir una imagen motivadora, suscitando la curiosidad y el interés por el contenido que se está tratando, ya que en el libro de texto únicamente aparece una representación gráfica, que, aunque útil a la hora de interpretar el concepto estudiado, no despierta el interés por la materia ni promueve un deseo por aprender.

Este análisis del libro de texto ayudó a elaborar y diseñar el primer proyecto seleccionado. Por un lado, consideré la dificultad de entender el concepto de solubilidad únicamente a través de la teoría, la falta de relación con el proceso de cristalización y el escaso interés que despertaba. Además, en el libro aparecían únicamente ejercicios teóricos, preguntas simples cuya respuesta se encuentra explícitamente dentro del texto o de la gráfica. Excepto una actividad práctica que consistía en un protocolo de cristalización de cloruro de sodio, cuyo título era: “Separación de los componentes de una disolución” (Fig. 1b). Sin embargo, consistía en una práctica puntual que difícilmente quedaba conectada con lo visto en la teoría sobre solubilidad ni con la teoría sobre compuestos cristalinos, ya que ésta última no se introducía hasta 50 páginas después en el libro, apareciendo separados los conceptos de solubilidad y cristalización.

Es por ello que experiencias secuenciales en el laboratorio son útiles para que el alumnado comprenda e interiorice conceptos y modifique posibles conceptos erróneos e ideas alternativas a través de la observación y la experimentación (Yuste Oliete y Burillo Mayayo, 2018). Por otro lado, hay que considerar que el uso de los libros de texto como único recurso promueve una imagen inadecuada de las ciencias experimentales. Los beneficios potenciales de los libros de texto (facilitación de tareas de planificación para el profesorado, referencia y guía consultable tanto por el profesorado como por el alumnado) pueden verse anulados por un uso abusivo que favorece únicamente las metodologías de transmisión de la información y acaba por dificultar el proceso de aprendizaje de las ciencias experimentales.

Podemos decir entonces que, **experiencias prácticas** como las aquí seleccionadas, son necesarias para un aprendizaje significativo de las ciencias experimentales. Esto está de acuerdo con los resultados de estudios donde hacen un seguimiento didáctico a experiencias prácticas, como los elaborados sobre el Concurso de Cristalización en la Escuela en Aragón, donde concluyeron que los principales beneficios de dicha experiencia realizada durante el curso 2016/17 fueron: la asimilación de la importancia del orden en el trabajo de laboratorio (tanto físico como procedimental), la necesidad de experimentar todas las fases del proceso aunque se

trabaje en grupo, la capacidad de formular nuevas hipótesis cuando ocurrían errores, así como la identificación y el análisis de esos errores y también, el papel positivo de la motivación de los estudiantes, adquiriendo una mayor autonomía y mejorando la organización del trabajo en equipo (Díez Álvarez et al., 2017). Experiencias prácticas no son sólo beneficiosas para el alumnado, sino también lo son para el profesorado, ya que adquirimos nuevos recursos y conocimientos y motivaciones para continuar formándonos y mejorar en nuestra profesión como docentes (Martín-García et al., 2019).

Los aspectos didácticos que incluye el uso de las hojas de cálculo ponen de manifiesto las posibilidades que ofrecen como **herramienta de soporte** para el desarrollo de algunas estrategias didácticas en las áreas de ciencias naturales, como la Física y la Química y las Matemáticas. Es un instrumento muy poderoso y efectivo para crear entornos y estrategias didácticas que estimulen y ayuden al alumnado a organizar datos, categorizar información, identificar variables dependientes e independientes en situaciones de la vida real, establezcan relaciones, se formulen y resuelvan preguntas del tipo *¿qué ocurriría si...?*, y planteen hipótesis sobre resultados probables. Con estas herramientas es posible involucrar al alumnado en actividades intelectuales que fomenten la reflexión, la capacidad de exploración, el interés investigativo, el pensamiento crítico y la habilidad para resolver problemas. Además, esta herramienta estimula a ensayar soluciones y a asumir la responsabilidad de verificar los resultados. Si los valores encontrados no coinciden con lo que esperaba, el alumnado se siente más dispuesto a ensayar nuevos datos, pues sabe que no tiene que repetir tediosos cálculos (Henao Álvarez, 1996).

Esto último ocurrió durante el transcurso del proyecto, donde algunos ejercicios propuestos en la hoja de cálculo estaban sacados de ejercicios que debían entregar *a mano*. Aunque disponían de las soluciones y, por tanto, conocían si su resultado era correcto o no, varias personas entregaron el resultado incorrecto *hecho a mano* sin intentarlo de nuevo. En cambio, cuando realizaron las mismas tareas con la hoja de cálculo repitieron los ejercicios hasta que el resultado fue el correcto sin intervención del profesorado.

Este segundo proyecto sirvió para trabajar las Matemáticas a través de la experimentación y poner de manifiesto su importancia en el desarrollo del conocimiento científico, además de ser parte de la asignatura en que se ha centrado este trabajo de fin de grado. Consistió en un trabajo transversal y multidisciplinar, ya que se trabajaron las matemáticas

en un proyecto de Física y Química y sirvió a los estudiantes para reflexionar sobre la importancia que tienen las matemáticas como herramienta básica, en este caso, en el análisis de datos de un proyecto científico. En definitiva, con esta experiencia me he dado cuenta de que todo está relacionado y de la importancia que tiene trabajar las competencias de manera transversal y multidisciplinar.

Los contenidos diseñados para ambos proyectos están directamente relacionados con la Física y la Química y muchos de ellos están incluidos en el currículum de la asignatura de Ámbito Científico y Matemático. De hecho, la mayor parte de esos contenidos tienen una incidencia directa en la adquisición de las competencias básicas en ciencia y tecnología y están relacionados con trabajos y técnicas de laboratorio, incluyendo la observación, el aprendizaje de estrategias y procedimientos comunes en el laboratorio, usar el lenguaje apropiado y de los medios tecnológicos disponibles, comprobación e interpretación de los resultados y su posterior reflexión; y con procesos de matematización, empleando herramientas tecnológicas, resolviendo problemas y en contextos de la realidad cotidiana. Es por ello que proyectos similares a estos pueden ser muy útiles para desarrollar estos contenidos y afrontar las dificultades propias del trabajo científico.

La mayoría del alumnado de PMAR tras cursar 4º adaptado y obtener el graduado, optará bien por trabajar o bien por realizar un **Ciclo Formativo de Grado Medio**. Proyectos didácticos que incluyan actividades prácticas pueden ser determinantes para el futuro de este alumnado, ayudándoles a adquirir confianza en sus propias capacidades y medios. El objetivo final es que continúen con estudios *profesionalizadores* que les permitan adquirir las competencias técnicas necesarias para el desarrollo efectivo de una profesión en el futuro. Así, obtendrán un título de Técnica/o con el que tendrán más posibilidades en el mundo laboral o para continuar cursando un Ciclo Formativo de Grado Superior. En concreto, el primer proyecto está orientado hacia el CFGM de Laboratorio y el segundo, aunque bien es cierto que su uso es adaptable a una gran variedad de disciplinas, áreas y temas, está orientado hacia el CFGM de Informática y Comunicaciones.

5. Conclusiones

Los dos proyectos seleccionados para esta memoria han sido: “Una experiencia didáctica desde el laboratorio para comprender los conceptos de solubilidad y cristalización” y “Una experiencia didáctica a través de las hojas de cálculo para adquirir las primeras nociones de programación básicas”. Ambos proyectos fueron realizados con el grupo de 2º ESO durante la asignatura de Ámbito Científico y Matemático del PMAR del colegio OD Santo Domingo de Silos. El primero fue realizado en el laboratorio del centro de forma presencial y el segundo fue realizado durante el Prácticum II de forma no presencial. Estos proyectos fueron supervisados por mi tutora de la Universidad, María Eugenia Dies Álvarez, y por mi tutor en el centro, Pablo Lahuerta Santamaría.

Ambos proyectos consisten en experiencias prácticas, secuenciales en torno a un proyecto científico, incluyendo la generación de hipótesis, la experimentación, el análisis de datos y la reflexión de los resultados, fomentando espacios para la comunicación, las decisiones responsables y la autonomía. Es un trabajo transversal y multidisciplinar, que utiliza una metodología cooperativa y colaborativa, teniendo en cuenta la diversidad natural existente en la clase, los diferentes ritmos de aprendizaje y los conocimientos previos del alumnado y los míos propios.

El proyecto realizado en el laboratorio incide en la necesidad de realizar más experiencias prácticas en las asignaturas de ciencias experimentales, con espacio para la observación, la experimentación y la reflexión. Esta es una forma de facilitar la comprensión de conceptos teóricos, lograr aprendizajes significativos y mejorar la motivación del alumnado, y, probablemente también, la nuestra como docentes.

Introducir herramientas, tan comunes hoy en día en múltiples disciplinas, como son las hojas de cálculo resulta beneficioso como estrategia didáctica para afianzar conocimientos, estimular aprendizajes y adquirir autonomía. Si la experiencia se centra más en el proceso de pensamiento que en la realización de cálculos, resulta un instrumento muy poderoso para fomentar la exploración, el ensayo, la predicción y verificación de resultados y la búsqueda insistente tan característica de los trabajos de investigación.

Como propuestas para el futuro y enfocadas a mejorar el funcionamiento de los grupos, me gustaría realizar sociogramas de interacción entre el alumnado para conocer mejor cómo actúan y cómo interactúan tanto dentro del grupo como a nivel global. Sería interesante conocer cómo funciona el grupo para asignar los diferentes roles y agrupamientos en las actividades. En concreto, analizaría cuatro patrones: formación – se mantienen distanciados y no trabajan juntos; turbulencia – discusión y conflicto; normatividad – socialización y ejecución – comunicación, apoyo y productividad. También sería interesante conocer cómo funcionan a nivel individual, para ello elaboraría dos sociogramas, uno relacionado con el aspecto intelectual y otro con el aspecto afectivo, identificando dinámicas interpersonales de aceptación (liderazgo) y de rechazo.

Por otro lado, una de las mayores dificultades que he encontrado, y que no he mencionado anteriormente, ha sido la gestión del tiempo de las distintas tareas para terminar la sesión a la hora. Aunque pienso que es cuestión de práctica docente, una solución sería escribir qué objetivos tengo para cada sesión, el tiempo propuesto e ir tachando conforme se van cumpliendo.

En conclusión, este Máster me ha servido para entender qué quiere decir ser docente y la responsabilidad que eso conlleva. Durante la elaboración y realización de los proyectos he adquirido confianza y autonomía. He comprendido que es un proceso progresivo, lento, donde cada día cuenta y cada día se aprende. También, cuánto recorrido posible hay en el aprendizaje del conocimiento y que éste, no tiene límites. Tras realizar estos proyectos, me quedo con ganas de más y con el deseo de realizar más experiencias para sumar experiencia y llegar a ser una buena docente mientras sigo aprendiendo.

6. Bibliografía y webgrafía

- Acevedo, J. A. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): El marco teórico. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 21-46.
- Agudo, J. L. B., Escoriaza, J. C., y Lacruz, J. L. (2014). *Organización de los centros educativos: LOMCE y políticas neoliberales*. Mira.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*.
- Carrascosa Alís, J. (2005). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen*.
- Chevalard, Y. (1985). La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné (La pensée sauvage: Grenoble). *Chevallard La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné 1985*.
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas y competencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 74, 12-24.
- de Echave Sanz, A., Salillas, E. C., y Serón, F. J. (2018). El cuaderno de laboratorio: Un instrumento para la reflexión didáctica del profesorado. *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Iluminando el cambio educativo*, 391-396.
- de Posada, J. M. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(1), 12-19.
- de Pro Bueno, A., Sánchez Blanco, G., y Valcárcel Pérez, M. V. (2008). Análisis de los libros de texto de Física y Química en el contexto de la Reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 193-210.
- Del Carmen, L. (2000). Los trabajos prácticos. *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 267-288.
- Díez Álvarez, M. E., Bauluz Lázaro, B., García Orduña, P., Lahoz Díaz, F., Latre Morales, B., Mateo González, E., Martín Tello, A., Mayayo Burillo, M.J., y Yuste Oliete, A. (2017). Seguimiento didáctico del Concurso de Cristalización en la Escuela-Aragón 2016-2017. *Actas de las XI Jornadas de Innovación Docente e Investigación Educativa de la Universidad de Zaragoza*, 70-71.
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (Número 8). Ediciones Morata.
- Ebenezer, J. V., y Erickson, G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, 80(2), 181-201.
- Encina, Javier, Ezeiza, A., y Urteaga, E. (2019). *Educación sin propiedad*. Volapük. <https://www.txalaparta.eus/es/libros/educacion-sin-propiedad>
- Facione, P. A. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?. *Insight assessment*, 23(1), 22-56.
- Flores, F., Gallegos Cázares, L., Herrera, M. T., y Valdez, S. (1999). Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones. *Educación Química*, 9(3), 155-162.
- García Orduño, P. (2014). *Protocolo de cristalización del fosfato monoamónico*. Protocolo de cristalización del fosfato monoamónico. <https://pilargarcia2014.files.wordpress.com/2016/12/cristalizac3b3n-adp.pdf>
- Gilmart, D. (2013). *El marco teórico del profesor | Histórico Digital*. <https://historicodigital.com/el-marco-teorico-del-profesor.html>
- Gutiérrez López, J. M., Valiente Cánovas, S., Martínez López, J., García López, S., Asensio Montesinos, F., Orellana, P., Jesús, M., y Sánchez Bellón, Á. (2018). La Sal de Cádiz, de la costa al interior. *Colección Geología*, 18, 1-26.
- Henao Álvarez, O. (1996). *Las hojas de Cálculo como herramienta didáctica*.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299-313.

- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670.
- Illich, I. (2006). *Iván Illich. Obras reunidas I*. México: Fondo de cultura económica.
- ISQCH (CSIC-UZ) y Dpto. CC de la Tierra, UZ. (2014). *Concurso Cristalización en la Escuela*. <https://es-es.facebook.com/Concurso-Cristalizaci%C3%B3n-en-la-Escuela-Arag%C3%B3n-558176677591125/>
- Kolb, D. A. (1984). El aprendizaje experimental: La experiencia como fuente de aprendizaje y desarrollo. *Nueva Jersey: Prentice Hall*.
- Laita, E., Mateo, E., Mazas, B., Bravo, B. y Lucha, P. (2018). ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Análisis del modelo de mineral implícito en el currículo y en los libros de texto en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 254-264.
- López Hernández, A. (2007). Libros de texto y profesionalidad docente. *Avances en Supervisión Educativa*, 6, 1-13.
- Martín-García, J., Dies Álvarez, M. E. y Bauluz-Lázaro, B. (2019). *Impacto del concurso de cristalización en la escuela en el profesorado participante: Un estudio preliminar*. 84-85.
- Pérez Gómez, Á. I. (2019). Ser docente en tiempos de incertidumbre y perplejidad. *Márgenes: Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 3-17.
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1941). El desarrollo de las cantidades en el niño (Nova Terra, Barcelona). Ver. orig. *Le développement des quantités physiques*. Delachaux y Niestle. París.
- Prieto, T., Blanco, A. y Rodríguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11(4), 451-463.
- Pujolàs, P., Lago, J. R., Naranjo, M., Pedragosa, O., Riera, G., Soldevila, J., Olmos, G., Torner, A. y Rodrigo, C. (2011). El programa CA/AC ("cooperar para aprender/aprender a cooperar") para enseñar a aprender en equipo Implementación del aprendizaje cooperativo en el aula. *Barcelona: Universitat Central de Catalunya. Stracted*, 4(02), 2018.
- Rocha, J. R., Sempere, M. J. M. y Sebastián, J. (2008). Estructura y dinámica de los grupos de investigación. *Arbor*, 184(732), 743-757.
- Romera, M. (2019). *La escuela que quiero*. Destino. <https://www.casadellibro.com/libro-la-escuela-que-quiero/9788423354887/8517280>
- Sánchez Carreño, J. (2012). La formación docente. Temas, debates y escenarios de prioridades. *Acción Pedagógica*, 21(1), 58-63.
- Sarramona, J. (Jaume). (2007). *Las competencias profesionales del profesorado de secundaria*. 12, 31-40.
- Shulman, L. (1999). Foreward en Gess-Newsome, J., Lederman, NG. *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*.
- Talanquer, V. (2013). School chemistry: The need for transgression. *Science & Education*, 22(7), 1757-1773.
- Tapia, J. A. (2007). Evaluación de la motivación en entornos educativos. *Manual de orientación y tutoría*. Barcelona: Kluwer. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/110004413/Evaluacion-Motivacional-Entornos-Educativos>.
- Tapia, J. A. (2005). Motivaciones, expectativas y valores relacionados con el aprendizaje. Análisis empírico e implicaciones para la mejora de la actuación docente en la enseñanza secundaria y en el bachillerato. *Premios de Investigación Educativa 2003*, 255-314.
- Vaello Orts, J. (2011). *Cómo dar clase a los que no quieren* (Vol. 280). Graó.
- Van Driessche, A. E. S., García-Ruiz, J. M., Tsukamoto, K., Patiño-Lopez, L. D., & Satoh, H. (2011). Ultraslow growth rates of giant gypsum crystals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(38), 15721. <https://doi.org/10.1073/pnas.1105233108>
- Yuste Oliete, A. y Burillo Mayayo, M. J. (2018). Experiencias de cristalización en el aula. Conceptos teóricos básicos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 352-360.

Recursos y bibliografía ofrecidos durante las diferentes asignaturas del Máster.

7. Anexos

7.1 Anexo I. Una experiencia didáctica desde el laboratorio para comprender los conceptos de solubilidad y cristalización

Esta experiencia didáctica se basó en tres actividades de aprendizaje – *Iniciación, Desarrollo y Aplicación*- que consistieron en:

ACTIVIDAD I. LOS RETOS DE LA SAL

Esta actividad se dividió en dos partes. La primera parte constó de una presentación, una evaluación inicial y una introducción a la propia práctica (a-c). La segunda parte fue donde el alumnado experimentó y realizó los retos propuestos (d). La duración de la actividad fue de 2 horas.

a) Presentación

Para centrar al alumnado en el tema, utilicé a nuestra amigui Kristi (Fig. I). Kristi es un cristal de sal común, NaCl, y nos acompañó durante las tres sesiones.

Como no conocía al alumnado, utilicé a Kristi para hacer una pequeña dinámica de presentación. La dinámica consistió en que la persona que tuviese a Kristi entre sus manos tenía que decir su nombre y algo que le definiera o que se le diese bien. Después, pasar a Kristi a la persona de su derecha y así sucesivamente.



Figura I. Kristi, un cristal de sal común.

b) Evaluación Inicial

Las ideas previas son claves en los aprendizajes, por lo que empecé la sesión con una actividad que me permitiese recoger las nociones previas del alumnado y conocer los conocimientos adquiridos hasta la fecha. La evaluación consistió en un intercambio de preguntas sencillas relacionadas con el mundo de la investigación y con el mundo de los cristales. Ejemplos de preguntas sobre investigación y cristales, fueron:

¿Habéis estado alguna vez en el laboratorio? ¿Qué habéis hecho? ¿Conocéis a alguna científica? ¿Sabéis qué hace la gente que se dedica a investigación? ¿Cómo son? ¿Para qué sirve?

¿Qué es un cristal? ¿Qué cristales conocéis? ¿Es el vidrio de la ventana un cristal? ¿Por qué?

Aquí, hice uso de algunas imágenes que acompañaron a la explicación, para comprender más fácilmente que un cristal tiene una estructura interna ordenada que se repite en el espacio y que, además, los cristales rodean nuestra vida (Fig. II).

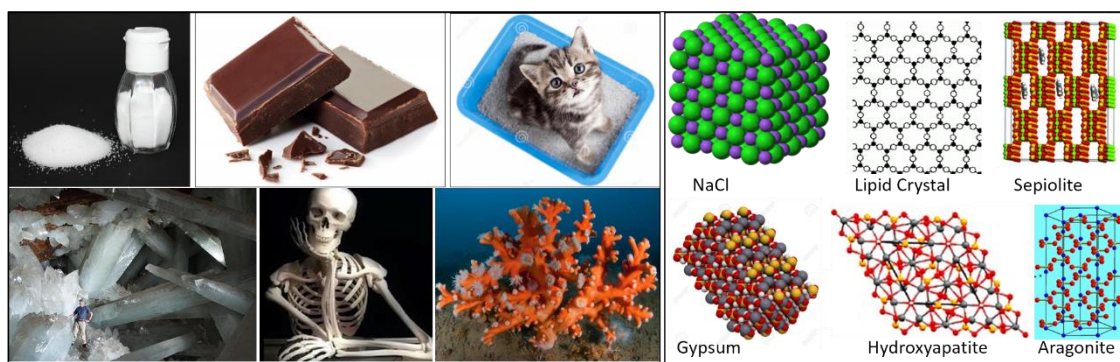


Figura II. Los cristales y su estructura.

c) Guía: Pistas de Preparación

Como guía para la práctica de esta sesión, mostré brevemente cómo se disuelve la sal común, qué les ocurre a los cristales cuando se disuelven y cómo recrystalizar la sal común. Aproveché este momento para contar los usos y propiedades de la sal común, como que la sal es el condimento más antiguo utilizado por la humanidad y que se ha utilizado desde el Antiguo Egipto para la conservación de alimentos (Gutiérrez López et al., 2018). Esta experiencia sirvió también para introducir los siguientes conceptos: agitación, disolución, saturación, cristalización. Los pasos específicos fueron (Fig. III):

- *¿Cómo sabemos cuánta agua hay?*

Añadiendo 100 mL de agua (Fig. III-a)

- *¿Cuánta sal común le echamos? ¿Una cucharada, dos? ¿Cucharadas tuyas o más?* (Fig. III-b)

Este fue un buen momento para introducir la balanza y observar si sabían tarar y medir la masa de un objeto o sustancia (Fig. III-g).

- ¿Y ahora qué hacemos?

Agitamos para que se disuelva (Fig. III-c). Utilicé a Kristi como modelo simplificado para explicar qué les ocurre a los cristales de sal común cuando se disuelven.

- ¿Cuándo paramos de agregar sal común?

Cuando la sal común ya no se disuelve más. La solución está saturada (Fig. III-d).

- ¿Pensáis que podemos volver a obtener cristales de sal común? Con una jeringuilla separé 5 mL de disolución saturada como proceso para recristalizar los cristales de sal común (Fig. III-e y f-). Para mostrar qué pasaría cuando se evaporase el agua, llevé al aula una recristalización de sal previamente obtenida (Fig. III-h). Construimos de nuevo el cubo Kristi como modelo para ejemplificar de una manera visual lo que ocurriría cuando se evaporase el agua.

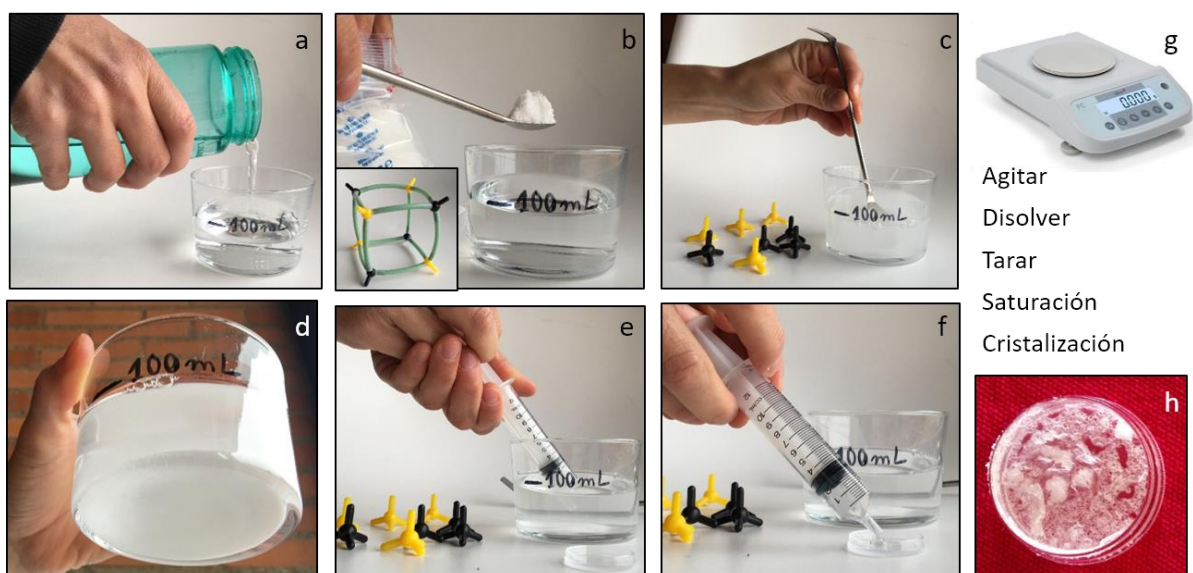


Figura III. Guía experimental para introducir la práctica.

d) Los retos de la sal

En esta parte fue donde el alumnado tomó un papel central. Tras dar unas directrices breves y concisas sobre cómo portarse en el laboratorio, la clase fue dividida en grupos de tres personas para facilitar el trabajo y para que todas las personas participasen:

- La secretaria. Esta persona se encargó del **cuaderno de laboratorio**. Utilicé este momento para explicar la importancia que tiene el uso del cuaderno en un laboratorio.

- La repartidora. Esta persona se encargó del **material**, fue responsable de la toma y la devolución del mismo, así como de su uso correcto. También dictó a la secretaria/o los materiales que se fueron usando a lo largo de la práctica.
- La portavoz. Esta persona fue la **representante** del grupo y se encargó de resumir los diferentes aspectos recogidos por el grupo en cada reto.

Una vez hechos los grupos y repartidos en el espacio, comenzamos con el primer reto. La metodología fue la siguiente:

(i) Presentación del reto, con tiempo para que la persona secretaria escribiese en el cuaderno y que la persona repartidora recogiese el material utilizado específicamente para ese reto;

(ii) Cada reto tuvo un tiempo concreto (alrededor de 10 min.) para que pudiesen investigar por su cuenta;

(iii) Pasado ese tiempo, hicimos una puesta en común (10 min.) en la que la persona portavoz de cada grupo contó qué habían realizado o pensado para ese reto.

Los retos fueron los siguientes:

- **RETO I.** *¿Cuánta sal común podemos disolver en 100 mL?*

El material utilizado para este reto fue un vaso con una marca de 100 mL, una espátula y un bote lleno de sal común (Fig. IV-a).

- **RETO II.** *¿Cómo podríamos disolver más sal común?*

Este reto consistió en una lluvia de ideas. Aquí fue importante que la temperatura apareciese como posibilidad, ya bien por parte del alumnado o por parte de la docente. Utilicé el ejemplo de la leche y el colacao, - *¿cuándo podemos añadir más colacao, estando la leche fría o la leche caliente?* - porque, aunque pudiese dar lugar a ideas alternativas (ya que el colacao es una coloide y actúa como tal) fue una manera eficaz para que comprendiesen en base a experiencias previas que la temperatura puede afectar al proceso de disolución.

- **RETO III.** *¿Cómo sabemos la cantidad de sal común que hay disuelta?*

El material utilizado para este reto fue un vaso de 100 mL donde previamente había añadido una cucharada de sal común (Fig. IV-b).

- **RETO IV.** *¿Cómo obtenemos otra vez los cristales de sal común?*

Proceso de recristalización. El material utilizado para este reto fue un vaso con marca de 100 mL, una espátula, una jeringuilla, un tape y un bote lleno de sal común (Fig. IV-c). El tape sirvió para añadir unos mililitros de la disolución saturada, que dejamos reposar varios días para que el agua se evaporase y obtener los cristales de sal común recristalizados. Medimos la masa del tape vacío (gramos iniciales) para conocer la masa del tape + los cristales recristalizados (gramos finales) durante la actividad 2 y obtener por diferencia la masa de los cristales obtenidos ($\text{gramos finales} - \text{gramos iniciales} = \text{gramos cristales}$). Este reto sirvió como introducción para la actividad 2.

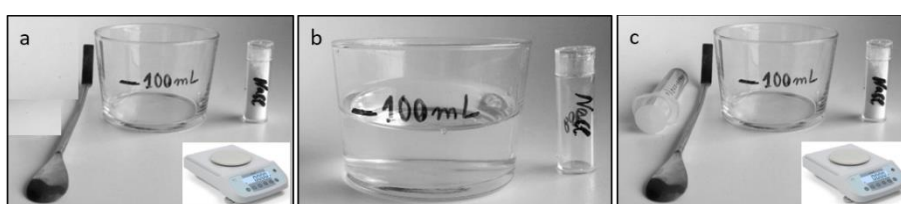


Figura IV. Material utilizado para los diferentes retos: (a) Reto I; (b) Reto III; (c) Reto IV.

ACTIVIDAD II. LA CURVA DE SOLUBILIDAD

Aunque la meta final de esta actividad fue elaborar entre todos los grupos la curva de solubilidad de la sal de la sal de ADP, los objetivos específicos fueron: comprender qué es y para qué sirve un protocolo de laboratorio, manejar instrumentos de laboratorio sencillos y experimentar simulando que son un grupo de investigación - inicio (pensando cómo vamos a llevar a cabo la investigación), experimentación, análisis de datos, resultados y conclusiones-.

La actividad fue dividida en cuatro partes: (a) un repaso a través de un intercambio de preguntas, (b) una introducción del protocolo de cristalización, (c) el propio RETO – elaboración de la curva de solubilidad de la sal de ADP siguiendo un protocolo secreto- y (d) la posterior recogida y análisis de datos.

a) Repaso

Un pequeño intercambio hablado a base de preguntas para repasar conceptos y evaluar si hay que repetir o aclarar algo:

¿Alguien me puede decir qué es Kristi? ¿Qué más cristales nos rodean? ¿Es la botella de agua un cristal? ¿Quién me cuenta que hicimos el otro día?

Además de recordar conceptos clave: disolución, saturación (concentración límite), (re)cristalización y la temperatura como uno de los posibles factores para aumentar la solubilidad; repasamos cómo se utiliza la balanza de laboratorio.

b) Introducción al protocolo de laboratorio

Esta parte sirvió para introducir el protocolo de laboratorio y repasar el RETO IV de la actividad I, ya que para elaborar la curva de solubilidad de la sal de ADP nos servimos del mismo proceso experimental que habíamos utilizado en el último reto de la actividad I con la sal común. En los mismos grupos de 3 personas que estaban en la actividad anterior, escribieron en el cuaderno de laboratorio el protocolo para la formación de cristales de la sal común. Utilicé el símil de la receta de cocina para explicar en qué consiste un protocolo de laboratorio.

Posteriormente, hicimos una puesta en común y decidimos entre todas los pasos a seguir, ya que dicho protocolo (o receta) tenía que ser el mismo para que todos los grupos de investigación ejecutasen los mismos pasos. Tras escribir dicho protocolo en el cuaderno, pasamos a medir la masa de la tapa con los cristales obtenidos en el RETO IV de la actividad anterior y a realizar la resta para obtener los gramos finales de sal común. Cada grupo anotó los resultados en el cuaderno, siguiendo el siguiente esquema:

- mL de disolución de la jeringuilla
- gramos del tape vacío (gramos iniciales)
- gramos del tape con los cristales (gramos finales)
- gramos de cristales (gramos finales – gramos iniciales)

Este proceso realizado con la sal común sirvió para introducir qué es y cómo se utiliza un protocolo, así como los pasos a seguir para la elaboración de la curva de solubilidad que utilizamos en el paso siguiente. Dado que la solubilidad de la sal común se ve escasamente afectada por la temperatura, utilizaremos las sales de ADP, fosfato monoamónico $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, para la elaboración de la curva de solubilidad.

c) RETO: Elaboración de una curva de solubilidad

c.1) Experimentación

Para introducir la sal de ADP, expliqué que existen diversos tipos de sales con diversas estructuras cristalinas, que podían alcanzar diferentes tamaños y morfologías. Utilicé un modelo de la estructura cristalina de ADP que comparamos con la estructura de la sal común, Kristi (Fig. VII).

Empezamos con una historia:

*Cada grupo trabajáis en un laboratorio que está en un lugar del Mundo: Micronesia, Surinam, Kenia y Jordania. Todos nos necesitamos para **elaborar la curva de solubilidad de una sal secreta**, llamada ADP (fosfato monoamónico). Una persona de cada grupo ha viajado a París para tener **una reunión de altísimo secreto** y decidir el protocolo que cada grupo llevará a cabo en su laboratorio. Una vez hecho, lo hemos mandado por carta a nuestros respectivos laboratorios. Nos ha llegado la carta (Fig. V), la abrimos y observamos que el protocolo está desordenado para que en caso de que alguien lo encontrase, no supiese la solución. Ahora nos toca a nosotros ordenar el protocolo secreto. ¡Vamos!*

Cada grupo eligió un sobre que contenía un protocolo para obtener un punto de la curva a diferente temperatura [4°C, 20°C, 40°C y 60°C] (Fig. V). Dentro del sobre encontraron un protocolo desordenado (Fig. V-b). Una vez ordenado, lo pegaron en el cuaderno.

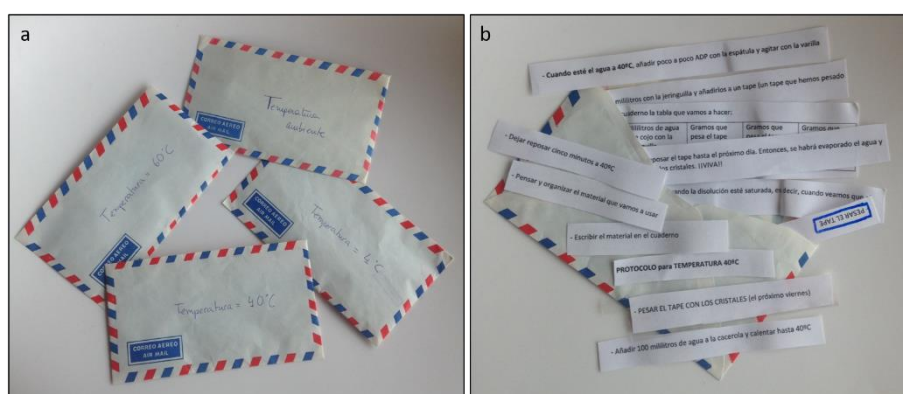


Figura V. Sobre con el protocolo secreto.

Con el protocolo ordenado en el cuaderno, ya sabemos lo que hay que hacer ¡Adelante!

Cada grupo siguió los pasos de su sobre, incluyendo la toma de material, la experimentación y anotar los resultados, tanto en el cuaderno como en la pizarra. En este primer paso obtuvimos los datos de: temperatura, mL de la solución y los gramos iniciales. Esperamos hasta la siguiente sesión para obtener los cristales y poder completar la tabla.

c.2) *Análisis de datos en pizarra*

Una vez obtenidos los cristales, medimos la masa del tape con los cristales e hicimos la resta para conocer la masa de los cristales. Completamos la tabla, primero en el cuaderno y después anotaron cada grupo su resultado en la pizarra:

Grupo	Temperatura (°C)	disolución jeringuilla (mL)	Tape (gramos, g _o)	Tape+Cristales (gramos, g _f)	Cristales (g _f -g _o) Solubilidad (gADP/10mL agua)
Surinam					
Micronesia					
Jordania					
Kenia					

Una vez obtenida la tabla, dibujamos **en la pizarra** unos ejes para elaborar la gráfica de la curva de solubilidad, en el eje X la temperatura y en el eje Y los gramos de cristales por 10 mL de disolución. Cada grupo dibujó su punto en la gráfica.

c.3) *Análisis de datos en Hojas de Cálculo*

Este apartado no dio tiempo a realizarlo durante el mes de febrero, por lo que pensé realizarlo durante el Prácticum II. Fue entonces cuando observé que poseían escasos conocimientos del uso de las hojas de cálculo y esa fue una de las razones de la elaboración del segundo trabajo seleccionado ([Anexo II](#)).

La idea para elaborar la curva de solubilidad consistía en utilizar las hojas de cálculo para mostrar cómo se podría hacer un análisis de datos utilizando herramientas digitales (Microsoft Excel u OpenOffice Calc). Para ello, elaboré una plantilla, con una tabla y una gráfica en la que directamente aparecía el punto en la gráfica al escribir los datos (Fig. VI).

Nombre	Temperatura	agua jeringuilla	tape	tape+cristales	Cristales (g _r -g _o)
Laboratorio	(°C)	mililitros	gramos (g _o)	gramos (g _r)	Solubilidad (gADP/10mL agua)
Surinam	4	10	10	17	7
Kenia	24	10	10	18,5	8,5
Micronesia	40	10	10	22	12
Jordania	60	10	10	25	15

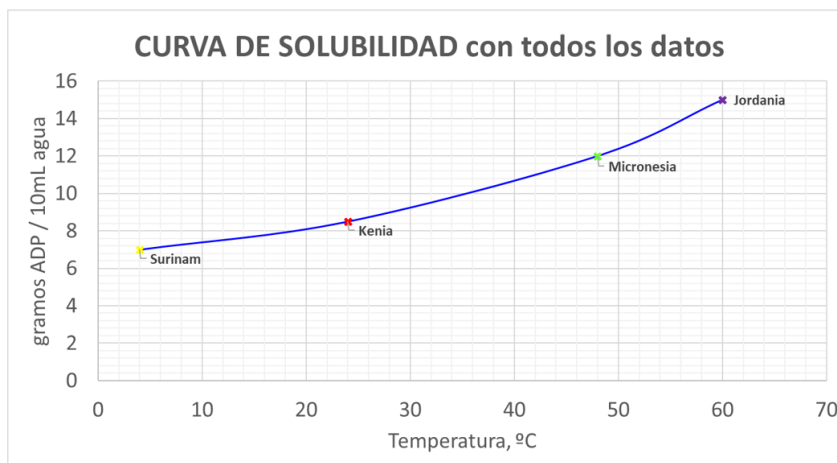


Figura VI. Un ejemplo de la curva de solubilidad utilizando hojas de cálculo.

ACTIVIDAD III. CRISTALIZACIÓN

Esta actividad consistió en la obtención de cristales de la sal de ADP, fosfato monoamónico (Fig. VII). El ADP es una sal que tiene color blanco o verdoso según las impurezas que contenga y su fórmula química es $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Cristaliza en el Sistema tetragonal, de tal forma que la celda unidad con la que se forma la red cristalina de sus cristales es un tetraedro, en el que los iones NH_4^+ y los iones H_2PO_4^- se unen mediante enlaces de tipo iónico. El hábito de los cristales que se forman a partir de esta unidad elemental puede ser prismático o bipiramidal. El protocolo de cristalización es sencillo y permite el uso de colorantes alimenticios (García Orduño, 2014).

Siguiendo la historia del día anterior:

Hemos conseguido elaborar la curva de solubilidad de la sal de ADP. ¡Muy bien! Ya conocemos un poco más sobre su comportamiento y sabemos que podemos disolver más sal de ADP al aumentar la temperatura de la disolución. Siguiendo este descubrimiento, probaremos a formar cristales de ADP grandes y vistosos. ¿Cómo podemos hacerlo? En la reunión ultra-secreta de París preparamos también el protocolo de cristalización de la sal de ADP. Este protocolo nos lo hemos mandado por carta a nuestros laboratorios. ¿Lo habéis recibido? Sólo queda ordenarlo y... ¡A cristalizar!

Repartí cuatro sobres, uno para cada grupo, que contenían el protocolo de cristalización de la sal de ADP desordenado. Una vez ordenado y pegado en el cuaderno, sólo tuvieron que seguir el orden establecido del protocolo para obtener los cristales de ADP.

Mientras los grupos cristalizaban, respondían preguntas tipo:

¿Por qué metemos la disolución en un recipiente de caucho? Símil: si les digo que tienen que entrar en clase y estar sentados de forma ordenada, cómo se ordenan mejor, ¿si les doy 10 segundos o si les doy 5 minutos? *¿Para qué sirve poner una semilla para cristalizar?* Siguiendo el símil de antes, ¿cómo se ordenarán mejor, si encuentran todos los pupitres desordenados o si los pupitres ya están ordenados?

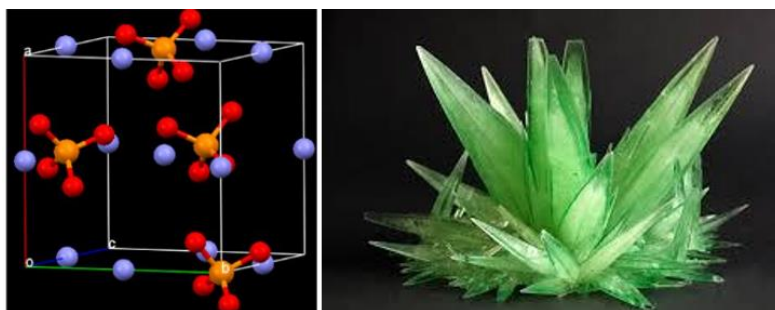


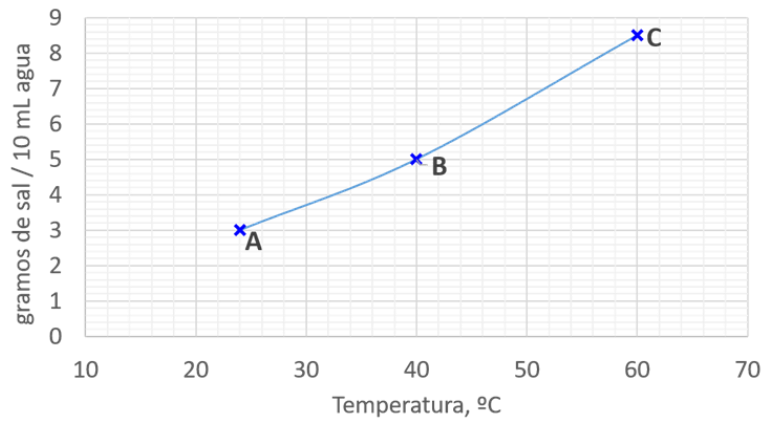
Figura VII. Estructura de del ADP (García Orduño, 2014) y un cristal de ADP (INS Castellar).

EVALUACIÓN

Nombre:

1) ¿En qué punto se ha disuelto más sal? A B C

CURVA DE SOLUBILIDAD final



¿Por qué se ha disuelto más sal en ese punto?

2) ¿Para qué sirve un protocolo de experimentación?

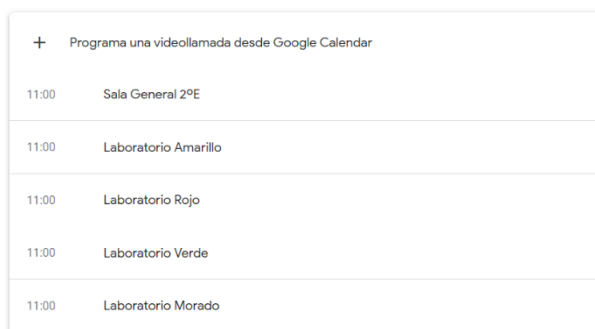
3) ¿Qué pasos seguirías para saber cuánta sal hay disuelta?

4) ¿Qué diferencia hay entre un cristal, como por ejemplo la sal, y el vidrio de una botella?

Dibuja un cristal

7.2 Anexo II. Diseño de una experiencia didáctica a través de las hojas de cálculo para repasar conceptos de estadística y adquirir las primeras nociones de programación básicas.

Esta actividad fue diseñada para trabajar en clases cooperativas **multi-aula** mediante la aplicación Meet (Fig. VIII), que permitió al alumnado trabajar por grupos desde sus casas, reuniéndose en varias aulas virtuales en las que podían entrar y salir telemáticamente para trabajar en equipo, y por las que el profesorado podíamos pasarnos libremente para guiar el trabajo y solventar las posibles dudas. Concretamente, la clase fue dividida en los mismos grupos que se formaron



+ Programa una videollamada desde Google Calendar
11:00 Sala General 2ºE
11:00 Laboratorio Amarillo
11:00 Laboratorio Rojo
11:00 Laboratorio Verde
11:00 Laboratorio Morado

Figura VIII. Sesiones Multi-aula.

durante las actividades presenciales, tres grupos de tres personas y un grupo de dos. Cada grupo trabajó por separado en su aula, ayudándose entre ellas/os, ya que podían hablar y también hacer uso de *compartir pantalla*. En total fueron 5 sesiones de una hora cada una.

Para introducir las hojas de cálculo, utilicé HojasCALC de Gsuite, ya que permitía el uso compartido y varias personas podían modificarla a la vez. Así, aunque no estuviese dentro de la sala, podía observar qué iban haciendo y cómo. Además, para verificar que todo el alumnado trabajaba, creé una pestaña (o libro) para cada persona, por lo que todos tenían que ir cumpliendo los objetivos (Fig. IX). Esto también permitió que se fuesen ayudando ya que también podían editar la hoja del resto.

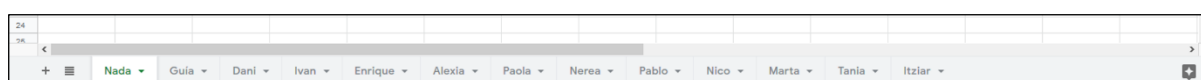


Figura IX. Pestañas de la HojaCALC creada, mostrando los nombres de las personas participantes.

La **metodología** de las clases fue la siguiente. Primero, empezamos todas las personas reunidas en la sala-virtual general, donde expliqué en qué iba a consistir la actividad del día (más adelante específico las diferentes tareas). Para ello, utilicé la pestaña llamada “Guía”, es ahí donde estaban todas las tareas ya editadas. Segundo, nos dividimos en grupos en las diferentes salas virtuales donde les pasé el link con la hoja de cálculo. Entonces, pudieron empezar a trabajar individualmente en su pestaña, pero en grupo a través de las salas; mientras el profesorado fuimos pasando por las salas y apoyando o resolviendo dudas. Conforme iban consiguiendo los retos propuestos, expliqué los siguientes y edité los retos en su propia pestaña para que pudiesen

seguir trabajando. Con este método, cada grupo pudo trabajar **a su ritmo y de manera progresiva**. Además, en cada nueva sesión, repetían la tarea del día anterior, así, por un lado, los que lo tenían hecho repasaban y los que no habían podido terminar las tareas propuestas para el día, podían hacerlas entonces. Tercero, los últimos cinco minutos de la clase, nos reunimos en el aula-virtual general para hacer un cierre de la actividad, resolver dudas generales y despedirnos hasta el día siguiente.

Las diferentes sesiones consistieron:

0. Intro

Durante esta primera sesión, les pregunté si habían trabajado antes en una hoja de cálculo (además de la vez del intento de elaborar la curva de solubilidad) o si habían visto a alguien trabajando con ella, luego les expliqué qué es y para qué puede servir y también, dónde y en qué trabajos puede utilizarse y con qué fin. Compartí pantalla para mostrarles la hoja de cálculo preparada con la que iban a trabajar, les indiqué dónde clicar para trabajar en su pestaña, la barra de Menús, la barra de Herramientas estándar, la barra de Formatos y la barra de Fórmulas. Después, cómo se podían mover en su hoja y localizar su pestaña. También, la posibilidad de introducir texto, números o fórmulas en cada celda y conocer el nombre de la celda, siendo la intersección entre una columna (letra mayúscula) y una fila (número).

1. Suma, Resta, Multiplicación y División

Para realizar estos cálculos, podían hacerlo de dos maneras: utilizando los operadores aritméticos “= CELDA1 + CELDA2” o mediante la inserción de una función con el asistente: SUMA, PRODUCTO o DIVIDE. Además, mediante el último ejercicio “¿Cuántos días llevas vividos hasta hoy?” pudieron aprender que las celdas pueden adquirir diversos formatos, como el numérico o el formato fecha.

Para empezar, únicamente disponían en su pantalla del apartado SUMA, conforme lo iban haciendo, iba añadiendo el resto de las operaciones a su hoja (Fig. X).

Figura X. Operaciones de suma, resta, multiplicación y división

Las tareas propuestas por el centro en el tema de estadística, incluían los conceptos de: media, moda, mediana, histograma y polígono de frecuencias. Dichas tareas se pudieron reforzar con las actividades que realizaron en las hojas de cálculo (Fig. XI y XII).

Figura XI. Obtención de valores de media, moda y mediana.

3. Histograma y Polígono de Frecuencias

Como última sesión, aprendieron a elaborar una representación gráfica de datos de valores a través de la creación de un histograma y, posteriormente, a insertar en el gráfico un polígono de frecuencias (Fig. XII). Además, editaron y personalizaron el histograma a su gusto.

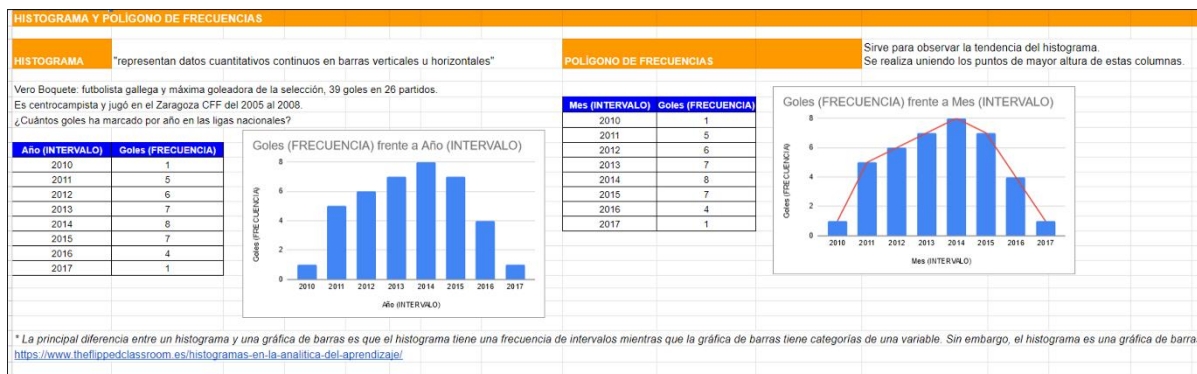


Figura XII. Obtención de un histograma y un polígono de frecuencias.

7.3 Anexo III. Mapa conceptual.

