

GRAU DE QUÍMICA

Facultat de Química – Universitat Rovira i Virgili



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI



Facultat de
Química
Tarragona

Memòria de TREBALL DE FI DE GRAU

POTENCIACIÓN DEL RAZONAMIENTO LÓGICO

Curs 2022-2023



Autor: Adrián Llerena Ruiz

Tutora de empresa: Josefa Baz Vidal

Tutora académica: Montserrat Diéguez Fernández

Empresa: La Salle Tarragona

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecerle a mi tutora de empresa Josefa Baz ya que ha depositado su confianza en mí, me ha ayudado en todo lo necesario y he podido aprender mucho a su lado durante estos meses.

También quiero agradecerle a mi tutora académica Montserrat Diéguez por orientarme durante la realización del trabajo y darme las pautas para la redacción de esta memoria.

Por último, quiero agradecerles a mis padres, a mi hermano y a mis amigos: Oriol N., Quim R., Joel F., Gemma C., Alba M., Enrique R. y en especial a Sergi B., por apoyarme durante la realización del trabajo.

Índice

1. Resumen.....	4
2. Introducción	5
2.1. Ámbito.....	5
2.2. Fracaso escolar	5
2.3. Razonamiento lógico	6
3. Objetivo	7
4. Parte experimental.....	8
4.1 Reactivos utilizados	8
4.2 Práctica 1: Determinación de la pureza de una mezcla.....	8
4.3. Práctica 2: Iniciación a las reacciones químicas	9
4.4. Práctica 3: Preparación de soluciones a partir de una solución madre.	10
5. Resultados y discusión.....	12
5.1. Resultados previos	12
5.1.1. Segundo examen trimestral de Química	12
5.1.2. Tercer examen parcial de Química	14
5.1.3. Prácticas externas.....	15
5.2 Resultados de las prácticas.....	15
5.2.1 Práctica 1: Determinación de la pureza de una mezcla.....	15
5.2.2. Práctica 2: Iniciación a las reacciones químicas.	18
5.2.3. Práctica 3: Preparación de soluciones a partir de una solución madre.	20
5.3. Resultados posteriores a las prácticas. Tercer examen trimestral de Química	21
5.4 Comparación de resultados.....	22
5.4.1. Muestra y pureza.....	23
5.4.2. Concentración	24
5.4.3. Preparación de soluciones a partir de otra	25
5.4.4. Razonamiento lógico no aplicable a los problemas de bachillerato	25
5.5. Opinión de los alumnos.....	26
6. Conclusiones.....	28
7. Bibliografía.....	29
8. Anexos	30

1. Resumen

Este trabajo de final de grado tiene como objetivo potenciar el razonamiento lógico en los estudiantes de la asignatura Química de primero de bachillerato del colegio La Salle Tarragona. Con esta finalidad, se han diseñado tres prácticas de laboratorio para la asignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”, las cuales se han ejecutado después de la presentación de los conocimientos teóricos en la asignatura Química. Una vez realizada cada una de las prácticas se ha preparado una prueba para evaluar a los alumnos. También se han analizado los resultados de los exámenes de la asignatura Química, tanto los previos a la realización de las prácticas como los posteriores para poder afirmar que se ha cumplido este objetivo.

Resum

Aquest treball de fi de grau té com a objectiu potenciar el raonament lògic als estudiants de l'assignatura Química de primer de batxillerat del col·legi La Salle Tarragona. Amb aquesta finalitat, s'han dissenyat pràctiques de laboratori per a l'assignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”, les quals s'han executat després de la presentació dels coneixements teòrics a l'assignatura Química. Un cop realitzada cadascuna de les practiques, s'ha preparat una prova per avaluar els alumnes. També s'han analitzat els resultats dels exàmens de Química, tant els previs a la realització de les pràctiques com els posteriors per poder afirmar que s'ha assolit aquest objectiu.

Abstract

This project aims to promote logical reasoning in first-year high school Chemistry students at La Salle Tarragona. For this purpose, three laboratory practices have been designed for the subject “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”, which have been carried out after the presentation of the theoretical knowledge in the Chemistry subject. Once each of the practices has been completed, a test has been prepared to evaluate the students. The results of the Chemistry subject exams have also been analysed, both prior to carrying out the practices and subsequent ones in order to confirm that this objective has been met.

2. Introducción

2.1. Ámbito

Este trabajo de final de grado se ha desarrollado en el ámbito de la docencia, concretamente en el colegio La Salle Tarragona. El funcionamiento del curso en el centro se organiza en trimestres y una vez finalizado el último hay un pequeño período de tiempo de exámenes finales.

El grupo en el cual se ha enfocado el trabajo es primero de bachillero y los alumnos en estudio son aquellos que cursan la asignatura optativa “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”, un total de veintiséis alumnos. Cabe destacar que todos ellos también cursan la asignatura de modalidad Química junto a un vigésimo séptimo alumno que cursa una optativa diferente.

La asignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)” es una asignatura que se imparte por primera vez este curso 2022-2023. Esta materia consiste en la realización de prácticas de laboratorio que permiten a los alumnos acercarse a estas disciplinas, la Física y la Química. La programación es de dos sesiones semanales, una los martes de 16:00 a 17:00 y otra los jueves de 11:10 a 12:05.

Se han diseñado un total de tres prácticas de laboratorio en la asignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”.

- Práctica 1: Determinación de la pureza de una muestra.
- Práctica 2: Iniciación a las reacciones químicas.
- Práctica 3: Preparación de soluciones a partir de una solución madre.

Durante la realización de este trabajo la asignatura ha sido estructurada de la siguiente manera:

- Una sesión de presentación de la práctica por parte del profesor, mediante una presentación Power Point.
- Una o dos sesiones de laboratorio, donde los alumnos realizan la práctica con sus respectivos grupos.
- Una sesión donde los alumnos preparan una presentación Power Point.
- Dos sesiones para exponer las presentaciones.
- Media sesión para realizar la prueba de la práctica.

La **Tabla 1**, que se encuentra en los Anexos (página 29), muestra de manera más detallada las sesiones realizadas y su contenido.

2.2. Fracaso escolar

El fracaso escolar representa la adversidad para superar los ciclos educativos obligatorios, en el caso de España, hasta cuarto de la ESO.¹

Las consecuencias del fracaso escolar pueden repercutir de manera muy negativa en el futuro de aquellos estudiantes que la sufren, ya que este puede provocar un abandono temprano de los estudios, la repetición de cursos, dificultades considerables de aprendizaje en estudios superiores e incluso laborales.¹

De hecho, la tasa de abandono educativo prematuro fue del 16% el año 2020, equivalente a 530.000 personas aproximadamente, todas ellas menores de 24 años. Estas personas dejaron los estudios una vez obtenido el título de ESO, es decir no cursaron o abandonaron los estudios de formación profesional básica o bachillerato.²

Aunque el fracaso escolar aborde problemas educativos hasta los dieciséis años, es un problema que puede afectar en estudios superiores o incluso en el ámbito laboral y por ello cada vez se realizan más estudios y nuevos planes docentes.⁵

Los factores que pueden provocar el fracaso escolar son muy diversos, ya que dependen tanto del alumno, como de su entorno, de los docentes y del propio sistema educativo.¹

El factor más relevante de cara a este trabajo es el sistema educativo, el cual presenta un número severo de carencias. Los métodos educativos propuestos no tienen un punto de equilibrio entre lo obsoleto y lo fantasioso, y este cambio de leyes continuo solo dificulta la tarea del profesor ya que es el responsable de adaptar todos estos cambios que sufre su asignatura, desde recorte de horas, hasta preparación de nuevo material, etc.¹

Otra muestra de la ineficacia del sistema educativo es la prima de la repetición de conceptos¹ y la necesidad de usar la memoria a corto plazo por parte de los alumnos, y es que la relación temario/tiempo, la cual es cada vez mayor, dificulta gradualmente el uso de las competencias necesarias para el éxito estudiantil y laboral, como por ejemplo: el trabajo en equipo, la creatividad, la resolución de problemas o el razonamiento lógico, entre muchas otras.

2.3. Razonamiento lógico

“El razonamiento lógico es un proceso mental que implica el uso de la lógica. Mediante esta clase de razonamiento se puede partir de una o varias premisas para llegar a una conclusión que puede determinarse como verdadera, falsa o posible.”³

Es necesario potenciar el razonamiento lógico, puesto que es quien impulsa el pensamiento crítico y/o científico⁴, el cual se convierte en una de las cualidades principales en el ámbito de las ciencias como es la Química.

3. Objetivo

El objetivo de este trabajo de final de grado es potenciar el razonamiento lógico en los estudiantes de la asignatura Química de primero de bachillerato del colegio La Salle Tarragona. Para ello se diseñarán prácticas de laboratorio del nivel de dichos estudiantes en la asignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”, con el fin de potenciar el razonamiento lógico y así reforzar los conocimientos adquiridos en su primer año estudiando Química como una asignatura completa y donde empezarán a profundizar en temas como las reacciones químicas, estequiometría, preparación de soluciones y otros muchos conceptos totalmente nuevos para ellos. Una vez finalizado el trabajo se espera observar una mejora importante entre los resultados de los exámenes previos a la realización de dichas prácticas y los resultados posteriores.

4. Parte experimental

4.1 Reactivos utilizados

Las sustancias químicas que se han utilizado en dichas prácticas son las siguientes:

- Sal común
- Azufre molido
- Ácido acético
- Bicarbonato de sodio

La sal común⁶ y el bicarbonato de sodio⁷ no presentan ningún tipo de peligrosidad, el azufre molido provoca irritación cutánea por lo que los alumnos usaron guantes y gafas de seguridad para su manipulación⁸. El ácido acético es corrosivo⁹, pero como se empleó la concentración contenida en vinagre no se usó ninguna medida de seguridad además de la bata de laboratorio.

4.2 Práctica 1: Determinación de la pureza de una mezcla.

Para explicar la práctica a los alumnos se preparó una presentación Power Point estructurada de la siguiente forma:

- Fundamento teórico
- Objetivos
- Material
- Procedimiento
- Hipótesis

La primera explicación que se remarcó en el fundamento teórico fue la importancia que presenta el concepto de mezcla, ya que todo aquello que pueden observar se encuentra combinado con otras sustancias. Se recordaron los dos tipos de mezcla que hay, la homogénea y la heterogénea, y se pusieron diferentes ejemplos.

Esta idea llevó a explicar la importancia de las técnicas de tratamiento de muestras y de separación, de manera que una vez separados los compuestos se puede determinar la pureza de la muestra mediante los cálculos y fórmulas ya vistos en la asignatura de Química.

Finalmente, se les explicó la extracción con disolvente y la propiedad en la que se basa esta técnica, la solubilidad, y los factores que pueden afectarle.

Posteriormente se propusieron un par de objetivos a los alumnos:

- Utilizar una técnica de tratamiento de muestras, en este caso la extracción con disolvente para determinar el porcentaje en masa de una mezcla de azufre y sal.
- Hacer fotos del procedimiento para la presentación que prepararían una vez acabada la práctica.

A continuación, se les facilitó a los alumnos una lista con el material necesario para la práctica: dos vasos de precipitados, espátula, embudo cónico, papel de filtro, soporte, abrazadera, nuez, azufre, sal común y la balanza que se encuentra en el laboratorio. También se les mostró la peligrosidad del azufre y las medidas de seguridad que se tomarían a la hora de manipularlo.

Una vez visto el material necesario y la peligrosidad de los reactivos se les explicó el procedimiento a seguir:

- 1) Pesar el vaso de precipitados antes de añadir la muestra.
- 2) Añadir un poco de sal y una espátula de azufre sólido.
- 3) Volver a pesar el vaso de precipitados.
- 4) Añadir agua y mezclar.
- 5) Preparar el montaje para poder filtrar: poner la abrazadera en el soporte con ayuda de la nuez, a una altura en la cual la punta del embudo no sobrepasa la parte superior del vaso de precipitados.
- 6) Colocar el papel de filtro plegado en el embudo y filtrar la mezcla, recogiendo el líquido en otro vaso de precipitados.
- 7) Enrasar de manera aproximada hasta un volumen de 200mL y calcular la molaridad de la sal disuelta.
- 8) Dejar secar el sólido hasta la siguiente sesión.
- 9) Pesar el sólido y determinar el porcentaje en masa de cada uno de los componentes de la muestra.
- 10) Realizar el tratamiento correspondiente de los residuos y la limpieza del material.

En último lugar se les formularon las siguientes preguntas para que las razonaran a modo de hipótesis:

- ¿Crees que la extracción con disolvente es un método adecuado para determinar la pureza de esta mezcla? ¿Por qué?
- ¿Y para otras muestras?
- ¿Por qué crees que se utiliza el %(m/m) para determinar la pureza de esta muestra? ¿Qué otras maneras conoces de expresar una concentración?

4.3. Práctica 2: Iniciación a las reacciones químicas

Para explicar la práctica se preparó una presentación Power Point, al igual que en la práctica anterior se siguió la siguiente estructura:

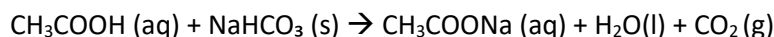
- Fundamento teórico
- Objetivos
- Material
- Procedimiento
- Hipótesis

Como fundamento teórico se explicó cómo identificar el estado físico de los compuestos y la importancia que presenta a la hora de hacer una reacción. También se mostraron medidas de seguridad con las que no están tan familiarizados como los guantes, las gafas de seguridad o la campana extractora.

Para acabar este apartado se expuso también la importancia de conocer las cantidades estequiométricas, de manera que si no estaban trabajando con estas cantidades pudieran identificar cada uno de los reactivos y la cantidad en exceso.

Los objetivos que se propusieron a los alumnos en esta práctica fueron:

- Hacer una reacción química:



- Conocer la cantidad estequiométrica y determinar la cantidad de reactivo en exceso.
- Calcular la concentración de los compuestos que quedaron en el vaso de precipitados una vez finalizada la reacción.

A continuación, se les proporcionó a los alumnos una lista con el material que utilizarían para la realización del experimento: un vaso de precipitados, pipeta aforada, espátula, vidrio reloj, vinagre, bicarbonato de sodio y la balanza que se encuentra en el laboratorio.

Una vez visto el material necesario se les explicó el procedimiento a seguir:

- 1) Calcular la cantidad estequiométrica de bicarbonato para hacer reaccionar el ácido acético de 5mL de vinagre.
- 2) Razonar qué compuesto es el reactivo limitante y el reactivo en exceso.
- 3) Calcular la cantidad en exceso.
- 4) Enseñar los cálculos a uno de los profesores.
- 5) Medir 5mL de vinagre con una pipeta aforada y añadirlos al vaso de precipitados.
- 6) Pesar la cantidad establecida de bicarbonato y añadirla al vaso de precipitados.
- 7) Observar la reacción y tomar nota.
- 8) Pensar qué queda en el vaso de precipitados una vez acabada la reacción.
- 9) Calcular la concentración de los compuestos si se añade agua hasta un volumen aproximado de 50mL.
- 10) Hacer el tratamiento correspondiente de los residuos y limpiar el material.

En último lugar se les formularon las siguientes preguntas para que las razonaran a modo de hipótesis:

- ¿Es posible que haya reactivo en exceso? En caso afirmativo, ¿crees que será visible?
- ¿Qué compuestos crees que quedarán en el vaso de precipitados una vez finalizada la reacción? ¿Por qué?

4.4. Práctica 3: Preparación de soluciones a partir de una solución madre.

Para explicar la práctica se preparó una presentación Power Point, al igual que en las prácticas anteriores se siguió la siguiente estructura:

- Fundamento teórico
- Objetivos
- Material
- Procedimiento
- Hipótesis

En el fundamento teórico se explicó que es una dilución y para que se utilizan.

Los objetivos de esta práctica eran los siguientes:

- Realizar los cálculos necesarios para preparar una solución madre.
- Preparar la solución madre.
- Realizar los cálculos necesarios para preparar las diluciones.
- Preparar las diluciones.

También se les proporcionó una lista con el material necesario para la realización de la práctica: tres vasos de precipitados, vidrio reloj, pipeta aforada, sal común, agua y la balanza que se encuentra en el laboratorio.

A continuación, se le explicó los pasos a seguir para realizar la práctica.

En primer lugar, los pasos para preparar la solución madre o solución A (100mL de NaCl 1M):

- 1) Calcular la masa de sal necesaria para preparar la solución.
- 2) Una vez revisados los cálculos por un profesor, tarar un vidrio reloj y pesar la sal.
- 3) Añadir la sal al vaso de precipitados y posteriormente añadir agua hasta un volumen aproximado de 100mL.

Una vez preparada la solución A, se les explicaron los pasos a seguir para preparar las disoluciones B (100mL de NaCl 0,1M) y C (200mL de NaCl 0,05M):

- 1) Calcular la cantidad de disolución A necesaria para preparar la solución B.
- 2) Calcular la cantidad de solución A y B necesaria para preparar la solución C.
- 3) Una vez revisados los cálculos por un profesor, medir el volumen de solución A con una pipeta aforada y enrasar con agua hasta el volumen establecido (de manera aproximada).

En último lugar se les formularon las siguientes preguntas para que las razonaran a modo de hipótesis:

- ¿Las disoluciones preparadas tendrán una concentración exacta? ¿Por qué?
- ¿Cuál es la disolución adecuada para preparar la solución C? ¿Por qué?

5. Resultados y discusión

Los resultados y su discusión están estructurados cronológicamente, empezando por los resultados previos a la realización del trabajo, los resultados de las prácticas y sus respectivas pruebas de evaluación, los resultados del examen trimestral y finalmente una comparación de los resultados más relevantes de este trabajo.

5.1. Resultados previos

Los resultados previos están formados por el segundo examen trimestral de la asignatura Química, el tercer examen parcial de la asignatura Química y las observaciones que se realizaron durante las prácticas externas, las cuales tuvieron lugar en el mismo centro. A partir de estos resultados se propusieron las prácticas explicadas en la parte experimental.

5.1.1. Segundo examen trimestral de Química

Este examen incluía los siguientes contenidos: teoría de gases relacionada con las presiones parciales y la presión de vapor, problemas sobre la ley de conservación de la masa, ajuste de reacciones mediante el método de sistemas de ecuaciones, un problema de cálculo de concentraciones, preparación de disoluciones a partir de otras, propiedades coligativas de las soluciones y dos problemas de gases ideales.

Los problemas más destacados por el número de errores y los cuales fueron objetivo de estudio son los siguientes:

- Un problema de expresar concentraciones en forma de molaridad, molalidad y fracción molar. **Problema 1**
- Un problema de preparación de disoluciones a partir de otra. **Problema 2**

La media de la clase en este examen fue un 6,78, esta media no es del todo baja, pero hay un gran margen de mejora, que se puede conseguir puliendo errores básicos como el cálculo de concentraciones y sus diferentes expresiones, o los problemas de preparación de diluciones.

Problema 1. Enunciado del problema de cálculo de concentraciones, incluido en el segundo examen trimestral de Química realizado el 17/02/2023.

Una solución de hidróxido de sodio (NaOH) con una concentración del 35% en masa tiene una densidad de 1,430 g/cm³. Calcula:

- a) Molaridad
- b) Molalidad
- c) Fracción molar

Dades: Na = 23; H = 1; O = 16 (g/mol)

Respecto al **Problema 1**, únicamente el 51,85% de la clase lo resolvió correctamente, los resultados se encuentran en la **Tabla 2** de los Anexos (página 30).

El resto de los alumnos cometió diferentes tipos de errores:

- Seis alumnos no supieron calcular correctamente el volumen total para expresar la molaridad.
- Tres cometieron errores a la hora de encontrar tanto la molalidad como la fracción molar.
- Los cuatro restantes realizaron cálculos sin ningún tipo de sentido, los cuales mostraban una clara falta de comprensión de los conceptos trabajados en clase.

El hecho de que la mitad de los alumnos no fuera capaz de expresar dichas concentraciones correctamente es un resultado bastante preocupante, ya que el cálculo de concentraciones es uno de pilares de la Química, y es indispensable para poder entender la asignatura. Si no se entiende el concepto concentración no se puede resolver prácticamente ningún tipo de problema, ya sea de presiones parciales, preparación de disoluciones, estequiometría y mucho menos los problemas de los temas que tratarán en segundo de bachillerato como equilibrio, solubilidad, etc. Por esta razón el cálculo de concentraciones tuvo un gran peso en las prácticas que se diseñaron.

Problema 2. Enunciado del problema de preparación de disoluciones a partir de otras, incluido en el segundo examen trimestral de Química realizado el 17/02/2023.

¿Qué volumen, en mL, de la disolución del *Problema 1* sería necesario para preparar 200mL de otra disolución de 25% en masa i $1,25\text{g/cm}^3$ de densidad? ¿Qué volumen de agua se tendría que añadir?

De la misma manera, el problema de preparación de diluciones, **Problema 2**, supuso un verdadero desastre, con tan solo un 25,93% de acierto, resultados recogidos en la **Tabla 2** de los Anexos (página 30). Una vez visto el alto grado de error en el **Problema 1**, era de esperar un resultado peor en este problema, ya que si no se tiene claro el concepto concentración es prácticamente imposible aplicarlo de manera correcta en cualquier tipo de problema.

Respecto a los 20 alumnos que no resolvieron este problema se pueden clasificar en dos grandes grupos. El primero formado por la mitad de los alumnos, corresponde a aquellos que sí resolvieron bien el ejercicio anterior y a pesar de que calcularon correctamente la cantidad necesaria de disolución para preparar la nueva solución de hidróxido de sodio, no supieron responder la pregunta más simple que pedía la cantidad de agua que se tenía que añadir. Este es un claro ejemplo de las carencias que presentan los alumnos a la hora de emplear el razonamiento lógico. Cabe señalar que estos alumnos son los que resolvieron dichos problemas de manera casi perfecta, además, la mayor parte de este grupo corresponde a aquellos con los resultados más altos en el examen, por lo que el problema se agrava considerablemente en el segundo grupo de alumnos, puesto que no fueron capaces de realizar ningún cálculo correcto.

Los resultados obtenidos en este problema son la principal razón por la cual se realizó una práctica basada en la preparación de soluciones a partir de otra.

5.1.2. Tercer examen parcial de Química

Este examen estaba formado por dos bloques, el primero contenía formulación inorgánica y el segundo dos problemas de estequiometría. Para este estudio solo se han tenido en cuenta los resultados del **Problema 3**, puesto que en la formulación no se requiere el empleo del razonamiento lógico, sino que se trata de conocimiento teórico. Respecto al otro problema de estequiometría, tampoco ha sido analizado en este trabajo ya que seguía un procedimiento muy establecido al tratarse de una aleación de dos metales que reaccionaba en un medio ácido. Los alumnos escribían la reacción de cada metal y planteaban un sistema para resolver el problema, no emplearon tanto la lógica sino la memoria.

Los resultados del examen y del **Problema 3** se encuentran recogidos en la **Tabla 3** de los Anexos (página 31). Como se puede observar en esta tabla la nota media es bastante elevada, esto se debe a la experiencia previa de los alumnos con la formulación inorgánica y al problema de la aleación. En cambio, el **Problema 3** solo fue solucionado a la perfección por el 33,33% de los alumnos.

Problema 3. Enunciado del problema de estequiometría, incluido en el tercer examen parcial de Química realizado el 11/04/2023.

El níquel reacciona con ácido sulfúrico para dar sulfato de níquel (II) i hidrogeno gas. Una pieza de níquel de 15 g del 80% de pureza la hacemos reaccionar con 150 mL de una disolución de ácido sulfúrico 1,1M.

Calcula:

- Cuál es el reactivo limitante y la cantidad de reactivo en exceso.
- Que volumen de hidrogeno gas se formará a 1 atm de presión i 298K.
- Si el rendimiento de la reacción fuese del 90%, ¿qué cantidad de sulfato de níquel (II) es formaría?

Datos: Ni = 58,7; S = 32; O = 16; H = 1 g/mol; R = 0,082 atm·l/K·mol

Los alumnos que no resolvieron correctamente este problema cometieron diferentes tipos de errores:

- La mayor parte omitió el porcentaje en masa de la pieza de níquel, concretamente once de los alumnos, lo cual muestra una clara falta de comprensión de los conceptos muestra y pureza. Se trata de un error muy grave, dada la cantidad de horas invertidas en la resolución de problemas de estequiometría y demuestra una vez más la poca capacidad para razonar de los alumnos.
- Cuatro de los alumnos usaron de manera incorrecta el porcentaje en masa. Este error puede estar vinculado a un despiste o a ciertas carencias en los conceptos mencionados, aunque no tan importantes como en el caso anterior, ya que son conscientes de que es necesario el uso de este dato, pero no aplican la lógica a la hora de usarlo.
- Dos alumnos escribieron mal la reacción, por lo que el ejercicio quedó prácticamente invalidado.
- El alumno restante no utilizó la ecuación de los gases ideales para encontrar el volumen de hidrógeno gas, sino que usó el factor de conversión $1\text{ mol} = 22,4\text{L}$ lo cual no es correcto al no tratarse de condiciones normales.

Estos resultados mostraron la incomprensión de los alumnos sobre los conceptos muestra y pureza, por ello se diseñó una práctica entorno a estas ideas.

5.1.3. Prácticas externas

Durante la realización de las prácticas externas se asistió a las clases de la asignatura Química de este mismo grupo, lo que permitió observar diferentes actitudes que cuestionaban el hecho que los alumnos estuvieran entendiendo realmente lo que se explicaba en clase.

Los conceptos en los cuales mostraron estas dificultades eran:

- La pureza de una muestra.
- La preparación de soluciones a partir de otra.
- Cantidad estequiométrica, reactivo limitante y en exceso.

Los dos primeros puntos ya han sido mencionados anteriormente. En cuanto a los conceptos cantidad estequiométrica, reactivo limitante y reactivo en exceso se consideró que sería positivo para los alumnos trabajarlos después de la práctica orientada a estudiar la pureza de una muestra.

Una vez finalizado el análisis de resultados previos se decidió el contenido de las prácticas a trabajar, ya explicadas en la parte experimental de este trabajo.

- Práctica 1: Determinación de la pureza de una muestra.
- Práctica 2: Iniciación a las reacciones químicas.
- Práctica 3: Preparación de soluciones a partir de una solución madre.

5.2 Resultados de las prácticas.

Estos resultados están formados por las pruebas de las tres prácticas de laboratorio realizadas en la asignatura "Reptes Científicas Actuals (Física i Química)", en caso de la Práctica 1 también se incluyen los resultados de la presentación.

5.2.1 Práctica 1: Determinación de la pureza de una mezcla.

La evaluación de esta práctica se realizó a través de una exposición oral acompañada de una presentación Power Point por parte de los diferentes grupos de laboratorio y una prueba. La fecha de las presentaciones y de la prueba se encuentran en la **Tabla 1** de los Anexos (página 29).

Las notas de las presentaciones se encuentran en la **Tabla 5** de los Anexos (página 33). Cabe destacar que todos los alumnos que asistieron el día de la realización de la práctica demostraron adquirir los conocimientos que se pretendían transmitir a lo largo de esta, y además se observó que empezaron a emplear el razonamiento lógico a la hora de argumentar las respuestas de las hipótesis planteadas. Estos hechos se ven reflejados en las notas de las presentaciones, donde se pueden observar dieciséis alumnos con un diez, siete con un nueve y tan solo tres alumnos con notas inferiores a nueve.

El criterio de evaluación de las presentaciones es ligeramente subjetivo, ya que no todos los alumnos presentan con la misma fluidez o de una manera tranquila y ordenada. A parte de las cualidades de presentar de cada alumno se evaluó que el contenido de la presentación fuera completo, es decir, que no faltara ningún punto importante. También se incluyó la presentación Power Point que acompañaba la explicación y la respuesta a las preguntas que podían realizar los profesores en caso de considerarlo necesario.

La prueba de la práctica estaba formada por el **Problema 5** basado en la práctica realizada y un segundo problema de estequiometría **Problema 6** en el cual se usaba la muestra del problema anterior como reactivo. Los resultados de la prueba y de los problemas se encuentran recogidos en la **Tabla 6** de los Anexos (página 34).

La nota media de esta prueba fue un 9,67, es decir, prácticamente todos los alumnos rozaron la perfección. Pero esta nota media no es un resultado concluyente para poder determinar si la práctica ha tenido el impacto esperado a la hora de potenciar el razonamiento lógico de los alumnos, ya que la materia a preparar por su parte no tiene el mismo grosor que toda la que se prepara para un examen de la asignatura de Química. Por lo que se ha realizado un análisis más detallado de las diferentes partes de la prueba, con el fin de analizar los tipos de errores cometidos por los alumnos.

El enunciado del **Problema 5** es el siguiente:

Problema 5. Enunciado del problema de la extracción con disolvente y cálculo de concentraciones, incluido en la prueba de la Práctica 1 de "Reptes Científics Actuals (Física i Química) realizada el 02/05/2023.

Tenemos una muestra sólida formada por sulfato de cobre (II) y sulfato de plomo (II), de 7,28g. Hacemos una extracción con disolvente (en este caso agua) por tal de separar los dos componentes, una vez acabada la extracción obtenemos 0,31g de un sólido blanco.

Dades: M_M (sulfato de cobre (II)) = 159,61 g/mol

M_M (sulfato de plomo (II)) = 303,26 g/mol

Nota: El sulfato de plomo (II) no es soluble en agua mientras que el sulfato de cobre (II) sí.

- ¿Cuál es el sólido que pesamos y cuál queda disuelto en agua?
- Calcula el % en masa de los dos componentes de la muestra inicial.
- Calcula la concentración (en forma de molaridad) de la sal disuelta si una vez hecha la extracción se enrasa con un matraz de 500mL.

Se han recogido los resultados de todos estos apartados, **Tabla 6** de los Anexos (página 34), ya que en todos ellos se puede extraer información relevante.

En cuanto a la pregunta teórica, todo el mundo la respondió correctamente, a excepción de una alumna que hizo un buen razonamiento, pero escribió los compuestos al revés, por lo que este error se relaciona potencialmente con un despiste más que con un error de comprensión. Este resultado demuestra que se ha comprendido qué es la solubilidad y también se ha aprendido a razonar sobre el estado físico de los compuestos.

A continuación, se estudiaron los resultados del segundo apartado, el cálculo de la pureza de la muestra, los cuales fueron excepcionales con un 100% de acierto por parte de los alumnos. Lo

que muestran estos resultados es que se han comprendido los conceptos muestra y pureza, y se espera que la mayor parte de los alumnos haya interiorizado estas ideas mediante el razonamiento lógico, por lo que el número de errores relacionados con esta idea debería disminuir de cara al tercer examen trimestral de Química.

El último apartado de este problema consiste en calcular la concentración del sulfato de cobre que quedará disuelto en agua si se enrasa hasta un volumen de 500mL. El 88,46% resolvió correctamente este apartado, otro dato que demuestra que los alumnos han empezado a razonar de manera lógica sobre los datos de la muestra mencionada en el enunciado. Tan solo ha habido tres errores entre los veintiséis alumnos que cursan la asignatura, un resultado muy positivo a pesar de no llegar al 100% como en el apartado anterior. Es preciso señalar que dos de estos tres errores fueron escribir el resultado final con las unidades incorrectas, pero siguiendo el procedimiento correcto. Por lo que realmente se podría considerar como un solo error y un 96,15% de acierto.

Posteriormente, se les planteó el **Problema 6**, un problema de estequiometría en el que se usaba la muestra del **Problema 5** como reactivo, de manera que pudieran relacionar la pureza de una muestra con los problemas de estequiometría para acabar de consolidar los conceptos tratados en esta práctica.

Problema 6. Enunciado del problema de estequiometría, incluido en la prueba de la práctica 1 de "Reptes Científics Actuals (Física i Química) realizada el 02/05/2023.

Hacemos reaccionar 4,14g de la muestra anterior (suponiendo que solo reacciona el sulfato de cobre (II)) con ácido clorhídrico acuoso, para dar cloruro de cobre (II) y ácido sulfúrico.

- a) Escribe la reacción ajustada, indicando el estado de cada compuesto.
- b) Si el reactivo limitante fuese el sulfato de cobre (II) y el rendimiento de la reacción fuese del 65%. Calcula los moles que se forman de ácido sulfúrico.

Los resultados de este problema también se encuentran recogidos en la **Tabla 6**, donde se ve que aproximadamente un 73% de los alumnos lo resolvieron a la perfección, lo cual implica una mejora importante respecto al tercer examen parcial de Química. Sin embargo, de estos siete alumnos que no resolvieron correctamente el problema, únicamente dos de ellos no aplicaron el porcentaje en masa de la muestra. El resto de los alumnos cometió otro tipo de errores que no eran el objetivo de trabajo en esta práctica, concretamente tres alumnos aplicaron de manera incorrecta el rendimiento de la reacción y los otros dos formularon los sulfatos de manera errónea.

Si no se tuvieran en cuenta los errores vinculados al rendimiento y a la formulación, únicamente habría dos equivocaciones relacionadas con el objetivo de potenciación en esta práctica y el porcentaje de acierto en este caso sería aproximadamente de un 92%, lo cual se trata de un resultado muy positivo.

5.2.2. Práctica 2: Iniciación a las reacciones químicas.

A diferencia de la práctica anterior, para evaluar esta solamente se realizó una prueba, ya que como se puede ver en la **Tabla 1** de los Anexos (página 29), no se disponía de suficientes sesiones como para realizar una presentación por parte de los alumnos. La prueba estaba formada por dos problemas, el **Problema 7** y el **Problema 8**, y los resultados de ambos se encuentran recogidos en la **Tabla 7** de los Anexos (página 35).

La media de los resultados de esta prueba fue un 9,41, al igual que en la anterior se trata de una media muy alta, pero en este caso alguno de los puntos de estudio destacó por el número de errores.

Problema 7. Enunciado del problema de estequiometría, incluido en la prueba de la práctica 2 de "Reptes Científics Actuals (Física i Química) realizada el 11/05/2023.

Hacemos reaccionar el ácido acético de una muestra de 17mL de vinagre con bicarbonato de sodio.

Datos: d (vinagre) = $1,0056 \text{ g/cm}^3$ 4,19% (m/m) de ácido acético

$P = 1 \text{ atm}$ $T = 22^\circ\text{C}$ $C = 12; O = 16; H = 1; Na = 23 \text{ g/mol}$

- Escribe la reacción que tiene lugar, ajustada y con el estado físico de reactivos y productos. ¿Qué tipo de reacción es?
- ¿Cuál es la cantidad estequiométrica que necesitaremos para hacer la reacción (en gramos de bicarbonato)?
- Si añadimos 1,33g de bicarbonato de sodio en lugar de la cantidad estequiométrica ¿cuál será el reactivo limitante y cuál el reactivo en exceso? ¿Qué cantidad de reactivo en exceso tendremos?
- ¿Cuántos moles de acetato de sodio obtendremos una vez finalizada la reacción? Si enrasamos con agua hasta un volumen de 200mL ¿cuál será su concentración en mol/l?
- ¿Cuál es el volumen de dióxido de carbono que desprende la reacción?

Nota: para hacer los apartados d) y e) puedes tomar los datos del apartado b) donde los reactivos estarán en cantidades estequiométricas.

Del **Problema 7** se han extraído los resultados de todo el problema, a excepción del último apartado ya que combina la estequiometría con los gases ideales, lo cual no se incluye entre los puntos clave a trabajar en la práctica.

Respecto al primer apartado, cabe destacar que todos los alumnos escribieron bien la reacción y el estado físico de reactivos y productos, sin embargo, muchos alumnos se equivocaron a la hora de decir el tipo de reacción, concretamente el 69,2%. Este resultado muestra una vez más la falta de razonamiento lógico frente a los conceptos que no han sido objetivo de estudio en las prácticas, ya que la respuesta era accesible para todos los alumnos.

A continuación, en el apartado b se les pedía encontrar la cantidad estequiométrica de bicarbonato para hacer la reacción. En este apartado se recuperó la tendencia de la prueba anterior, con un 92,3% de acierto. Donde los dos errores cometidos se deben a la omisión del porcentaje en masa de ácido acético, uno de los conceptos clave de la práctica anterior. Sin embargo, al tratarse de un número tan pequeño de equivocaciones resulta muy positivo, tanto

para la práctica anterior como para esta, ya que implica una comprensión de aquellos conceptos que se pretendían reforzar mediante el razonamiento lógico.

En el apartado c se pedía determinar el reactivo limitante y el reactivo y la cantidad en exceso, debido a la relación entre esta pregunta y el apartado b, los dos alumnos que se equivocaron en el apartado anterior mantuvieron el error en este otro. Por lo que el porcentaje de acierto sigue siendo un 92,3%, lo que muestra una asimilación adecuada de estos conceptos clave.

El último apartado estudiado en este problema se basa en el cálculo de la concentración del acetato de sodio formado, el cual fue resuelto por 86,4% de los alumnos. Los cuatro errores cometidos se dividen en dos grupos:

- El primero está formado por dos alumnos que en lugar de emplear los 200mL usaron 20mL, es decir, un error vinculado a un despiste.
- Los otros dos alumnos intentaron hacer un factor de conversión sin llegar a desarrollarlo del todo.

En caso de omitir los dos alumnos que escribieron mal el valor del volumen, el porcentaje de acierto subiría hasta el 92,3%, manteniéndose la tendencia de la prueba anterior.

Problema 8. Enunciado del problema de estequiometría, incluido en la prueba de la práctica 2 de "Reptes Científics Actuals (Física i Química) realizada el 11/05/2023.

Responde las siguientes preguntas:

- a) Si estamos haciendo otra reacción en la cual en lugar de desprenderse dióxido de carbono se desprende un gas tóxico como SO_2 , ¿qué medidas de protección tomarías?
- b) ¿En caso de que se desprenda N_2 sería necesario tomar las mismas medidas de seguridad?
- c) ¿Qué propiedad se mira para saber si un compuesto empezará a evaporar-se?
- d) ¿Cuáles son las unidades que nos permiten relacionar reactivos y productos?

La cantidad estequiométrica para hacer reaccionar el ácido acético de 5mL de un determinado vinagre son 0,42g de bicarbonato de sodio. Responde las siguientes preguntas:

- e) Añadimos 1,05g de bicarbonato de sodio a 5mL de vinagre, ¿cuál es la cantidad en exceso de bicarbonato?
- f) Hacemos reaccionar 10mL de vinagre con 1,05g de bicarbonato ¿cuál es el reactivo limitante y cuál el reactivo en exceso?
- g) Hacemos reaccionar 15mL de vinagre con 1,05g de bicarbonato ¿cuál es el reactivo limitante y cuál el reactivo en exceso?

El **Problema 8** tenía como objetivo trabajar el razonamiento lógico no aplicado a los problemas, para ello se han extraído los resultados de los apartados c – g.

En primer lugar, los apartados c y d los resolvieron correctamente un 84,6% y un 80,8% respectivamente. Son resultados altos, pero es preciso comentar que la respuesta a estas preguntas es bastante sencilla y bien conocida por todos los alumnos.

Los resultados de los apartados e, f y g fueron más bajos, concretamente un 61,5% de acierto. La mayor parte de los errores se deben a que en lugar de usar los datos del **Problema 8**, donde ya se les daba una relación estequiométrica, recuperaron los datos del **Problema 7** para hacer los cálculos. Los alumnos restantes aparentemente no fueron capaces de entender el problema, ya que simplemente escogieron un reactivo limitante y un reactivo en exceso sin realizar ningún cálculo. En este caso se considera que un 60% es un resultado muy positivo, puesto que no están acostumbrados a responder preguntas en las cuales se les exija razonar de forma lógica.

5.2.3. Práctica 3: Preparación de soluciones a partir de una solución madre.

La evaluación de esta práctica siguió la misma pauta que la anterior, una vez finalizado el experimento se realizó una prueba para evaluar los conceptos trabajados. Esta prueba contenía el **Problema 9** relacionado con la práctica y el **Problema 10**, los resultados de los cuales se encuentran recogidos en la **Tabla 8** de los Anexos (página 36).

Esta prueba se realizó en la última sesión de la asignatura por lo que aquellos alumnos que no asistieron a la prueba no pudieron hacerla en otro momento.

Problema 9. Enunciado del problema de preparación de disoluciones, incluido en la prueba de la práctica 3 de “Reptes Científics Actuals (Física i Química) realizada el 18/05/2023.

- a) Queremos preparar una disolución de 250 mL de cloruro de sodio 0,5M (disolución A). ¿Qué masa necesitamos de sal?
- b) ¿Qué cantidad de disolución A necesitamos para preparar una disolución de 200 mL de cloruro de sodio 0,005M (disolución B)?
- c) ¿Qué cantidad de disolución A necesitamos para preparar una disolución de 100 mL de cloruro de sodio $5 \cdot 10^{-4}$ M (disolución C)?
- d) Si queremos preparar la disolución C a partir de la disolución B, ¿qué volumen de B necesitaremos?
- e) ¿Cuál de las dos disoluciones utilizarías para preparar la disolución C? Justifica la respuesta.
- f) Di si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:
 - La disolución madre se prepara a partir de otra disolución. V/F
 - Una dilución es una solución de menor concentración que la solución de partida. V/F
 - Utilizar una balanza que solo marca un decimal será suficiente para preparar una disolución de concentración exacta. V/F
 - Para hacer una dilución (disolución B o C) se mide el volumen necesario de solución madre con una pipeta y después se enrasa con agua hasta el volumen establecido. V/F

Para estudiar el **Problema 9** se ha estructurado en tres partes:

- La preparación de la solución madre.
- La preparación de las diluciones.
- La elección de manera justificada de la disolución que se utilizaría para preparar la solución C.

Problema 10. Enunciado del problema extra de preparación de disoluciones, incluido en la prueba de la práctica 3 de “Reptes Científics Actuals (Física i Química)” realizada el 18/05/2023.

Escoge el material necesario para preparar una dilución de concentración exacta:

- Granatario o balanza analítica
- Matraz aforado o vaso de precipitados
- Pipeta aforada o pipeta graduada

La media de la clase en esta prueba es un 10, lo que implica que todos los alumnos realizaron ambos problemas a la perfección. Dado que la práctica se centró exclusivamente en la preparación de soluciones y que la prueba se ajustaba bastante a la práctica son unos resultados posibles, aunque a la vez sorprendentes, y demuestran que la realización de la práctica les ha ayudado a comprender la preparación de soluciones mediante el uso del razonamiento lógico.

5.3. Resultados posteriores a las prácticas. Tercer examen trimestral de Química

El examen estaba formado por siete preguntas, sin embargo, solo se extrajeron los resultados de la primera que corresponde al **Problema 4**, y los resultados de este se encuentran en la **Tabla 4** de los Anexos (página 32). El resto de las preguntas se vieron excluidas del análisis de resultados puesto que no estaban relacionadas con los temas trabajados en las prácticas.

Este problema englobaba todos los puntos trabajados a lo largo de las prácticas: pureza de las muestras, reactivo limitante y en exceso, estequiometría y preparación de soluciones.

Problema 4. Enunciado del problema de cálculo de reactivo limitante/reactivo en exceso, estequiometría y preparación de soluciones, incluido en el examen parcial de Química del tercer trimestre realizado el 25/05/2023.

El ácido clorhídrico reacciona con el carbonato cálcico según la reacción:

Ácido clorhídrico + Carbonato cálcico → Dióxido de carbono + Cloruro de calcio + Agua

- Formula y ajusta la reacción poniendo los estados físicos de las sustancias que intervienen.
- 125 mL de una disolución de ácido clorhídrico del 36% en masa, tiene una densidad de 1,18 g/mL y se hace reaccionar con 120 g de una piedra calcárea con un 90% de carbonato de calcio. Calcula la cantidad de reactivo en exceso.
- Calcula el volumen de ácido clorhídrico necesario para obtener 2 litros de dióxido de carbono en condiciones normales si el rendimiento de la reacción fuese del 85%.
- Calcula los mL de disolución de este ácido clorhídrico necesarios para hacer 250 mL de una nueva disolución de ácido clorhídrico 4,5M.

El primer apartado no se incluyó en la tabla puesto que no se esperaba que supusiera un problema para los alumnos, sin embargo, una vez se realizó el análisis de los errores del resto de apartados se observó que dos alumnos cometieron errores a la hora de escribir la reacción, error que se propagó en el resto de los apartados. Otros dos alumnos dejaron el ejercicio en blanco, por lo que se cree que se dejaron este ejercicio para el final y no tuvieron tiempo de hacerlo.

Esto explica que haya cuatro alumnos que no resolvieron correctamente ninguno de los tres apartados estudiados e implica que como mínimo cada uno de los puntos a estudiar parte de cuatro errores.

El 70,37% resolvió correctamente el apartado b, el 82,61% si no se tuvieran en cuenta los dos alumnos que dejaron el ejercicio en blanco y los dos que escribieron mal la reacción. Respecto a los otros cuatro estudiantes que también se equivocaron, se debe a que dos de ellos no usaron el porcentaje en masa para hacer el cálculo y los otros dos lo usaron de manera incorrecta.

A continuación, se estudiaron los resultados del apartado c, el cual fue resuelto únicamente por el 48,15% de los alumnos, el 56,52% si se descarta a los cuatro mencionados anteriormente. El resto de los alumnos cometió dos tipos de errores.

- Cuatro alumnos usaron de manera incorrecta el rendimiento de la reacción.
- Los otros seis alumnos intentaron encontrar el volumen de la solución de ácido clorhídrico mediante la ecuación de los gases ideales. Posiblemente al leer dióxido de carbono se obcecaron en usar la ecuación de los gases ideales y no se dieron cuenta de que el ácido clorhídrico estaba en solución y de que tenían su pureza y densidad en el apartado anterior.

Los resultados de este apartado no fueron tan positivos como se esperaba, aunque hay que remarcar que los errores cometidos no están estrictamente relacionados a los conceptos trabajados en las prácticas.

Finalmente, el apartado d pedía hacer el cálculo para preparar una solución de ácido clorhídrico a partir de la original. El porcentaje de acierto en esta parte fue del 74,07%, un resultado bastante elevado teniendo en cuenta que cuatro de los alumnos tenían el ejercicio invalidado. Como en los casos anteriores si excluimos a este grupo de estudiantes del cálculo el porcentaje sube hasta un 86,96% de acierto, lo cual roza la excelencia. Los errores cometidos en este caso fueron los siguientes:

- Un alumno no tuvo en cuenta el porcentaje en masa a la hora de hacer el cálculo.
- Los otros dos alumnos mantuvieron el mismo error que en el apartado anterior y trataron la solución de ácido clorhídrico como un gas.

5.4 Comparación de resultados

En primer lugar, se compararon los resultados de los conceptos aplicables a los problemas que se pretendían reforzar mediante la potenciación del razonamiento lógico:

- Muestra y su pureza.
- Concentración de compuestos en solución.
- Preparación de soluciones a partir de otra.

Una vez finalizada esta comparativa se analizó la capacidad de razonar de manera lógica en las diferentes cuestiones que se han planteado a lo largo del trabajo.

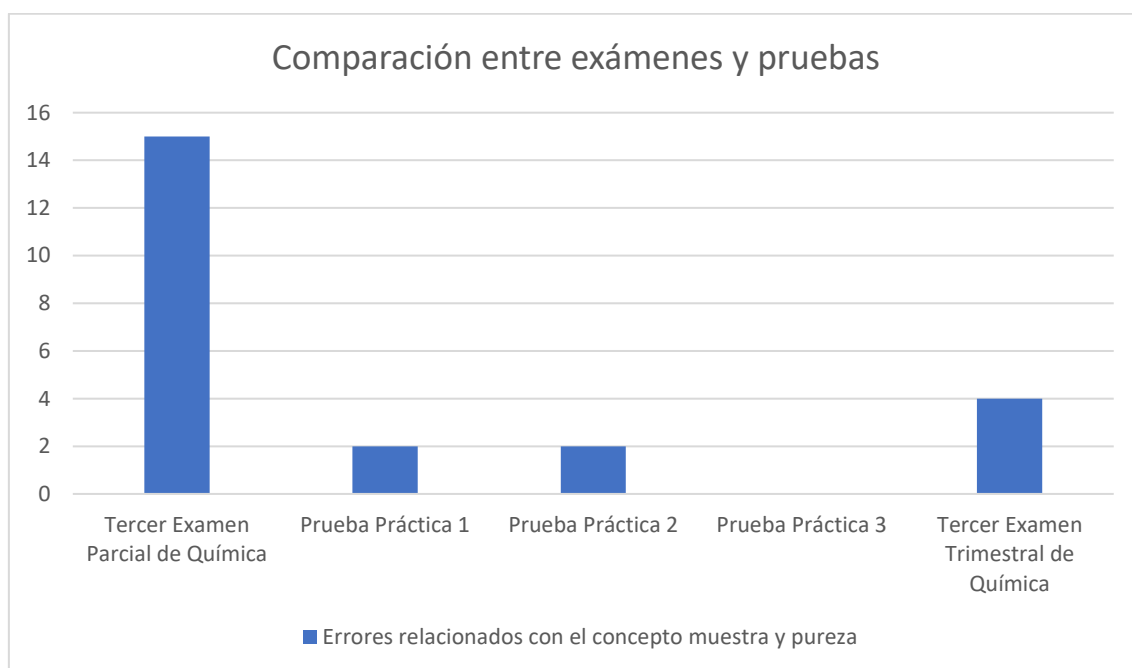
5.4.1. Muestra y pureza

Estos conceptos se trabajaron especialmente en la Práctica 1, determinación de la pureza de una mezcla.

Durante las exposiciones los alumnos demostraron haber entendido los conceptos ya mencionados y por esta razón las notas son tan altas, **Tabla 5** de los Anexos (página 33), a excepción de un alumno que tiene un siete debido a que no asistió el día de la práctica y se vio reflejado durante la presentación.

Respecto a los errores relacionados con los conceptos muestra y pureza, disminuyen considerablemente una vez realizada esta práctica y mantienen una tendencia muy baja en los resultados posteriores.

Figura 1. Número de errores vinculados a los conceptos muestra y pureza cometidos en los diferentes exámenes de Química y pruebas de la asignatura "Reptes Científics Actuals (Física i Química)".

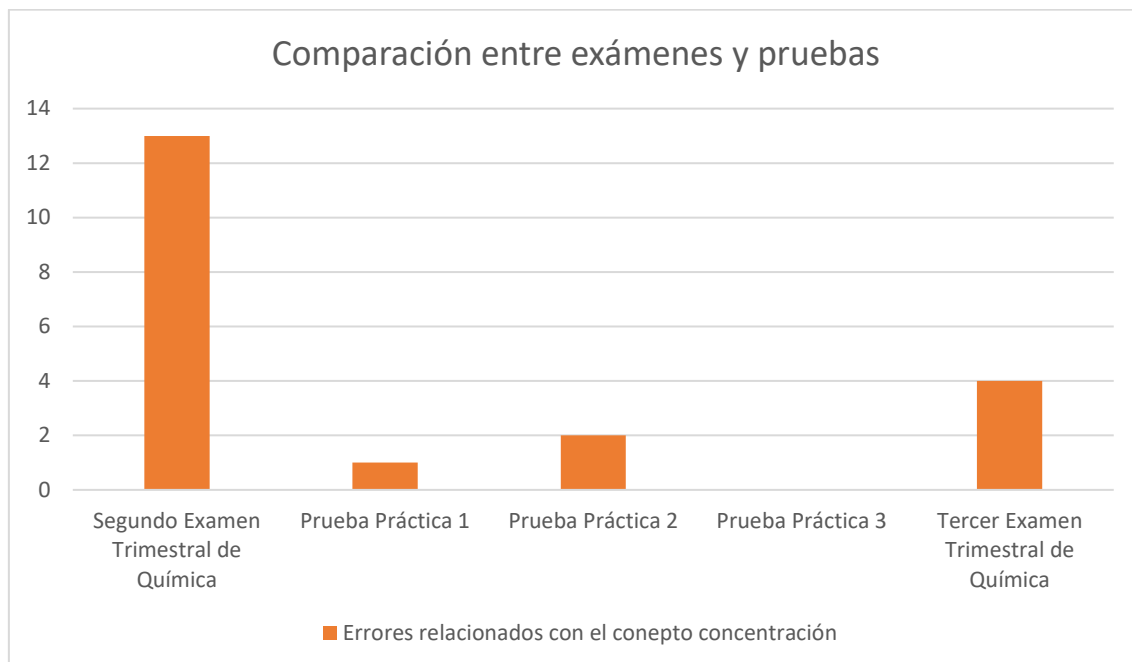


La progresión entorno a estas ideas muestra que los alumnos las han comprendido mediante el uso del razonamiento lógico, ya que la mejora en los resultados se mantiene desde la realización de la Práctica 1 hasta el último examen de Química. Por el contrario, si solo las hubiesen memorizado para la prueba de la práctica los resultados posteriores serían mucho peores.

5.4.2. Concentración

El concepto concentración se ha trabajado tanto en la Práctica 1, determinación de la pureza de una mezcla, como en la Práctica 2, iniciación a las reacciones Químicas.

Figura 2. Número de errores vinculados al concepto concentración en los diferentes exámenes de Química y pruebas de la asignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”.



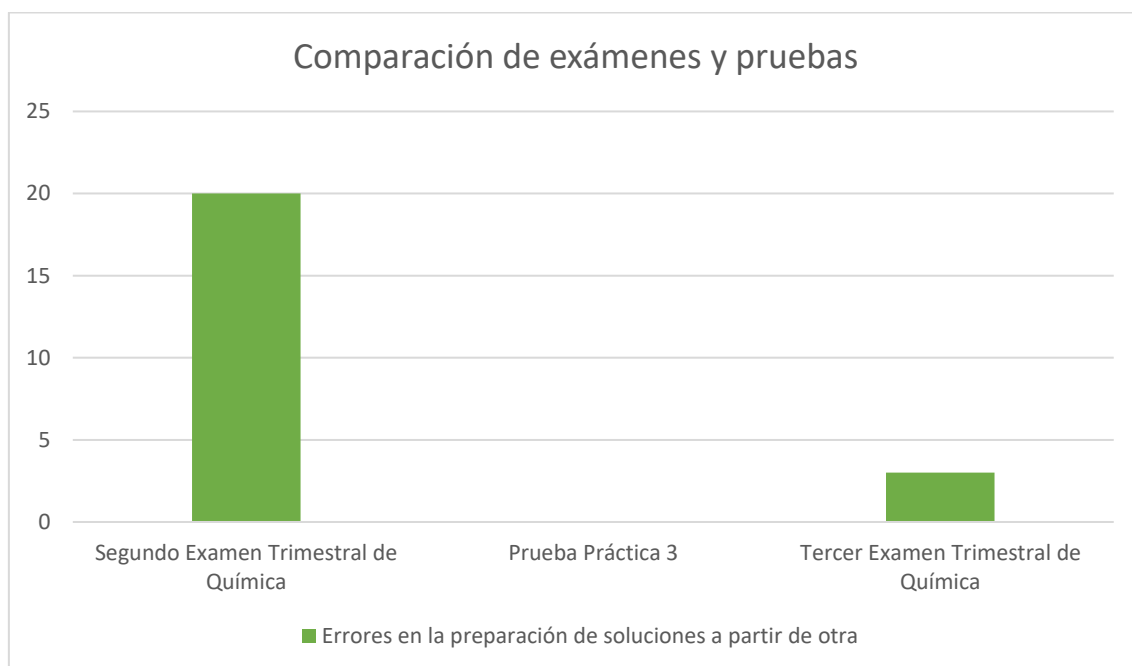
A través de la realización de las prácticas los errores en el cálculo de la concentración disminuyen considerablemente entre el segundo examen trimestral de Química y las pruebas de las prácticas. En consecuencia, los fallos en los problemas que requieren el uso de la concentración también son muy bajos a raíz del desarrollo de las prácticas, como es el caso de la prueba de la Práctica 3 o del tercer examen trimestral de química.

Con todo ello, se puede afirmar que las prácticas han potenciado el razonamiento lógico de los alumnos, lo que les ha permitido asimilar de manera adecuada el concepto concentración.

5.4.3. Preparación de soluciones a partir de otra

La preparación de soluciones a partir de otra se ha trabajado en la Práctica 3.

Figura 3. Número de errores vinculados a la preparación de soluciones a partir de otra en los diferentes exámenes de Química y pruebas de la asignatura "Reptes Científics Actuals (Física i Química)".



La preparación de soluciones era el punto con más errores en los resultados previos, sin embargo, en la prueba de la Práctica 3 no se cometió ningún error y en el tercer examen trimestral solamente hubo tres.

Esta gran diferencia entre los resultados previos y los posteriores a la realización de la práctica demuestra que los alumnos han comprendido la preparación de soluciones mediante el razonamiento lógico.

5.4.4. Razonamiento lógico no aplicable a los problemas de bachillerato

En todas las prácticas se ha intentado fomentar el razonamiento lógico por parte de los alumnos mediante diferentes herramientas como por ejemplo: las hipótesis planteadas en las explicaciones de las prácticas, las presentaciones por parte de los alumnos, las preguntas planteadas durante la realización de las sesiones de laboratorio y las cuestiones formuladas en las pruebas.

Durante la realización de la Práctica 1 los alumnos trabajaron el razonamiento lógico no aplicado a los problemas durante las sesiones de laboratorio, ya que las técnicas de separación y sus fundamentos no forman parte del temario de bachillerato, y también a la hora de contestar las preguntas planteadas como hipótesis. Pero no fue hasta las sesiones dedicadas a las presentaciones que no se pudo evaluar esta capacidad, en las que como ya se ha comentado los alumnos mostraron un elevado grado de comprensión de la práctica.

Por otra parte, la Práctica 2 pretendía potenciar el razonamiento lógico de conceptos no aplicados a los problemas y a su vez recuperar las ideas trabajadas en la práctica anterior puesto

que son esenciales para cualquier problema de estequiometría. Las ideas trabajadas en esta práctica fueron:

- La cantidad estequiométrica.
- El reactivo limitante y reactivo en exceso.
- La cantidad en exceso.

Se pretendía que los alumnos razonaran sobre la necesidad de conocer estos conceptos a la hora de hacer una reacción, puesto que en las clases de problemas cuestionaban con mucha frecuencia la necesidad de realizar estos cálculos en los problemas de estequiometría. Pero una vez finalizada la práctica se cree que los alumnos comprendieron estos conceptos, puesto que en el laboratorio se remarcó su importancia y no volvieron a formular este tipo de preguntas. En añadido, la prueba contenía preguntas con la intención de hacer reflexionar a los alumnos, como es el caso de los apartados del **Problema 8** recogidos en la **Tabla 7**. Las respuestas a los apartados c y d eran bien conocidas por los alumnos, pero al tratarse de conceptos no mencionados durante la práctica no todos fueron capaces de razonar la respuesta. Un 80% es un buen resultado, además, es muy probable que si los alumnos no hubieran potenciado su razonamiento lógico a lo largo de estas dos prácticas el porcentaje de acierto de estas dos cuestiones sería bastante inferior. También hay que mencionar los resultados obtenidos por los alumnos en los apartados e, f y g los cuales podían ser resueltos mediante el razonamiento lógico. El porcentaje de acierto fue del 61,5%, a pesar de no ser resultados tan altos como los anteriores se pueden considerar bastante positivos, puesto que los alumnos no están acostumbrados a emplear el razonamiento lógico, sino la memoria.

Finalmente, en la Práctica 3 se plantearon dos preguntas a modo de hipótesis:

- ¿Las disoluciones preparadas tendrán una concentración exacta? ¿Por qué?
- ¿Cuál es la disolución adecuada para preparar la solución C? ¿Por qué?

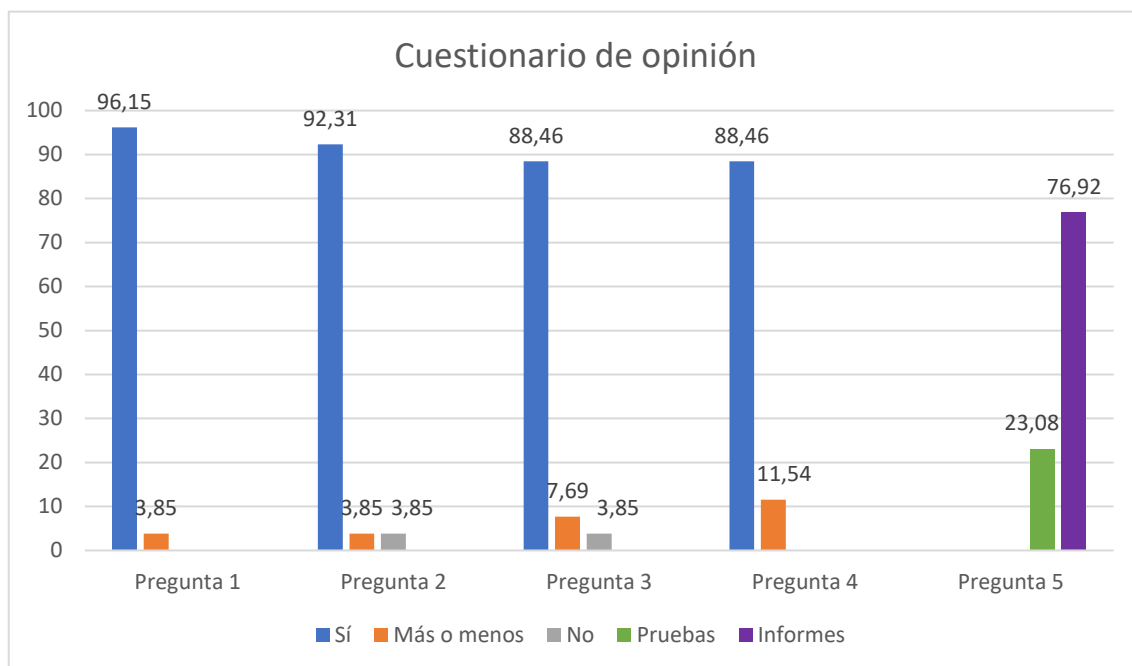
Ambas cuestiones las respondieron en el laboratorio, donde mostraron un alto grado de comprensión en sus respuestas. A su vez, la **Tabla 8** refuerza esta teoría, ya que muestra que el 100% de los alumnos supo argumentar de manera correcta la solución que emplearía para preparar la solución C y también cuál sería el material necesario para preparar una solución de concentración exacta (pregunta extra).

5.5. Opinión de los alumnos

Una vez finalizadas las prácticas se pidió a los alumnos que contestaran un pequeño cuestionario de opinión sobre las prácticas de laboratorio, con las siguientes preguntas:

- 1) ¿Te han gustado las últimas tres prácticas de laboratorio?
- 2) ¿Crees que te han ayudado a entender los conceptos trabajados en la asignatura de Química?
- 3) ¿Te ha gustado la programación de las sesiones de las últimas prácticas?
- 4) ¿Crees que las pruebas se han adaptado al nivel exigido en primero de bachillerato?
- 5) ¿Qué manera de evaluar la asignatura te ha gustado más o crees que te ha ido mejor?

Figura 4. Respuestas al cuestionario de opinión que realizaron los alumnos tras la finalización de las prácticas en tanto por ciento.



Las respuestas a las primeras cuatro preguntas fueron muy positivas. Prácticamente a todos los alumnos les han gustado las prácticas diseñadas en este trabajo, lo que aumenta su predisposición a la hora de realizar las prácticas. De la misma manera, todos los alumnos, a excepción de dos, creen que les han ayudado a entender los conceptos vistos en la asignatura Química, respuesta que concuerda con las conclusiones extraídas a lo largo del trabajo. Por lo que también se puede concluir que su capacidad de razonar de manera lógica se ha visto potenciada. Respecto a las siguientes dos preguntas alrededor del 90% está conforme con la programación de las sesiones y con el contenido de las pruebas.

Por último, la respuesta a la pregunta cinco no es del todo sorprendente. Al tratarse de alumnos de primero bachillerato su preocupación principal es sacar la nota más alta posible para poder entrar en la carrera, por lo que la realización de un informe les garantiza mejor nota. Aunque cabe destacar que esta pregunta generó un debate en la clase, y los alumnos llegaron a la conclusión de que las pruebas les habían ayudado a entender y pensar más, pero por vagancia, comodidad y de manera que puedan garantizar mejor nota, el 75% aproximadamente prefiere hacer informes a pruebas.

6. Conclusiones

Las prácticas de laboratorio diseñadas en la asignatura "Reptes Científics Actuals (Física i Química)" ha permitido potenciar el razonamiento lógico de los alumnos y así reforzar los conocimientos en Química de los estudiantes de primero de bachillerato del colegio La Salle Tarragona. La progresión en el tiempo de los resultados muestra una gran mejora entre los previos al trabajo y aquellos extraídos de las diferentes pruebas de la asignatura "Reptes Científics Actual (Física i Química)". Es más, el número de errores vinculados a los conceptos trabajados disminuye, no solo en las pruebas de esta asignatura, sino que también mantienen una tendencia muy baja en los resultados posteriores a la realización de las prácticas.

Así mismo, los alumnos han trabajado el razonamiento lógico no aplicado a los problemas mediante el planteamiento de hipótesis, preguntas que incitan la reflexión, presentaciones y cuestiones de examen. Los resultados de los cuales han sido muy elevados en la mayoría de los casos.

En definitiva, se ha cumplido el objetivo principal de este trabajo, potenciar el razonamiento lógico en los estudiantes de Química de primero de bachillerato del colegio La Salle Tarragona mediante el diseño de prácticas de laboratorio en la asignatura "Reptes Científics Actuals (Física i Química)".

Conclusions

The laboratory practices designed in the subject "Reptes Científics Actuals (Física i Química)" have enhanced the logical reasoning of the students and thus reinforced the knowledge in Chemistry of the students of the first year of the La Salle Tarragona high school. The progression over time of the results shows a great improvement between those prior to the work and those extracted from the different tests of the subject "Reptes Científics Actual (Física i Química)". Moreover, the number of errors linked to the concepts worked on decreases, not only in the tests of this subject, but it also maintains a very low trend in the results after carrying out the practices.

Likewise, students have worked on logical reasoning not applied to problems by formulating hypotheses, questions that encourage reflection, presentations, and exam questions, the grades of which have been very high in most cases.

In short, the main objective of this project has been fulfilled, promoting logical reasoning in first-year Chemistry students of the La Salle Tarragona school through the design of laboratory practices in the subject "Reptes Científics Actuals (Física i Química)".

7. Bibliografía

¹ *Tipos de fracaso escolar: causas y cómo prevenirlas.* (n.d.). Retrieved June 12, 2023, from <https://www.unir.net/educacion/revista/tipos-fracaso-escolar/>

² *La tasa de abandono educativo temprano se sitúa en el 16% en 2020, según los datos de la Encuesta de Población Activa | Ministerio de Educación y Formación Profesional.* (n.d.). Retrieved June 12, 2023, from <https://www.educacionyfp.gob.es/prensa/actualidad/2021/01/20210129-abandonoeducativo.html>

³ *Razonamiento lógico - Qué es, definición, ejemplos y disciplinas.* (n.d.). Retrieved June 11, 2023, from <https://definicion.de/razonamiento-logico/>

⁴ *IBE — Science of learning portal — The development of the reasoning brain and how to foster logical reasoning skills.* (n.d.). Retrieved June 12, 2023, from <https://solportal.ibe-unesco.org/articles/the-development-of-the-reasoning-brain-and-how-to-foster-logical-reasoning-skills/>

⁵ Delgado, V. V., José, /, Ávila, E., Silvia, P. /, Olivares, L., Lizett, S., & Enrique, J. (2016). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN QUÍMICA Y EL PENSAMIENTO CRÍTICO EN SECUNDARIA. In *Revista Mexicana de Investigación Educativa RMIE* (Vol. 21). <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v21n69/1405-6666-rmie-21-69-00557.pdf>

⁶ NaCl: Roth, C. (n.d.). *SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa 1.1 Identificador del producto.* Retrieved June 15, 2023, from www.carlroth.de

⁷ Bicarbonato sodico: Roth GmbH, C. (n.d.). *SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa 1.1 Identificador del producto.* Retrieved June 15, 2023, from www.carlroth.de

⁸ Azufre: Roth GmbH, C. (n.d.). *SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa 1.1 Identificador del producto.* Retrieved June 15, 2023, from www.carlroth.de

⁹ Acido acetico: Roth GmbH, C. (n.d.). *SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa 1.1 Identificador del producto.* Retrieved June 15, 2023, from www.carlroth.de

8. Anexos

Tabla 1. Planificación de las sesiones de la asignatura “Reptes Científics Actuals (Física i Química)”.

Fecha	Sesión
11/04/2023	Presentación Práctica 1
13/04/2023	Práctica 1
18/04/2023	Práctica 1
20/04/2023	Preparación de una presentación Power Point
25/04/2023	Presentaciones
27/04/2023	Presentaciones
02/05/2023	Prueba Práctica 1 + Presentación Práctica 2
04/05/2023	-
09/05/2023	Práctica 2
11/05/2023	Prueba Práctica 2 + Presentación Práctica 3
16/05/2023	Práctica 3
18/05/2023	Prueba Práctica 3
23/05/2023	-
25/05/2023	-

Tabla 2. Resultados extraídos del segundo examen trimestral de Química. Para simplificar la tabla Sí = Problema bien resuelto y No = Problema mal resuelto.

	Segundo examen trimestral	Problema de concentraciones	Problema de diluciones
Estudiante 1	5,6	Sí	No
Estudiante 2	6,1	No	No
Estudiante 3	9,3	Sí	No
Estudiante 4	6,95	No	Sí
Estudiante 5	5,75	No	No
Estudiante 6	3,7	No	No
Estudiante 7	5,8	Sí	Sí
Estudiante 8	9,1	Sí	Sí
Estudiante 9	3,35	No	No
Estudiante 10	9	Sí	Sí
Estudiante 11	8,1	No	Sí
Estudiante 12	9,35	Sí	No
Estudiante 13	9,2	No	No
Estudiante 14	8,1	Sí	No
Estudiante 15	4,1	No	No
Estudiante 16	6,7	No	No
Estudiante 17	8,75	Sí	No
Estudiante 18	6,85	Sí	No
Estudiante 19	3,85	No	No
Estudiante 20	7,75	No	No
Estudiante 21	8,7	Sí	No
Estudiante 22	7,85	Sí	Sí
Estudiante 23	7,75	No	Sí
Estudiante 24	6,6	Sí	No
Estudiante 25	4	Sí	No
Estudiante 26	6,35	No	No
Estudiante 27	4,45	Sí	No
Media	6,78		
Desviación estándar	1,94		
Bien resuelto		14 sí	7 sí
%		51,85%	25,93%
Mal resuelto		13 no	20 no
%		48,15%	74,07%

Tabla 3. Resultados extraídos del tercer examen parcial de Química. Para simplificar la tabla Sí = Problema bien resuelto y No = Problema mal resuelto.

	Examen parcial tercer trimestre	Estequiometría, R.L y R.E.
Estudiante 1	2,7	No
Estudiante 2	6,8	No
Estudiante 3	9,8	Sí
Estudiante 4	8,8	No
Estudiante 5	8,9	No
Estudiante 6	8,2	Sí
Estudiante 7	6,6	No
Estudiante 8	9,8	No
Estudiante 9	7,4	No
Estudiante 10	9	Sí
Estudiante 11	9,3	No
Estudiante 12	9,8	No
Estudiante 13	9,8	No
Estudiante 14	9,1	No
Estudiante 15	8,8	Sí
Estudiante 16	5,5	No
Estudiante 17	10	Sí
Estudiante 18	8,4	No
Estudiante 19	9,2	Sí
Estudiante 20	9,6	No
Estudiante 21	9,8	Sí
Estudiante 22	9,7	No
Estudiante 23	9	Sí
Estudiante 24	7	No
Estudiante 25	8,2	Sí
Estudiante 26	9,6	No
Estudiante 27	6,9	No
Media	8,43	
Desviación estándar	1,67	
Bien resuelto		9 sí
%		33,33%
Mal resuelto		18 no
%		66,67%

Tabla 4. Resultados extraídos del tercer examen trimestral de Química. Para simplificar la tabla Sí = Problema bien resuelto y No = Problema mal resuelto.

	Tercer examen trimestral	Reactivo limitante y reactivo en exceso	Estequiometría	Preparación de soluciones
Estudiante 1	3,3	No	No	No
Estudiante 2	5,35	Sí	No	Sí
Estudiante 3	9	Sí	Sí	Sí
Estudiante 4	7,4	No	No	Sí
Estudiante 5	7,7	No	No	Sí
Estudiante 6	5,4	Sí	No	No
Estudiante 7	5,4	No	Sí	Sí
Estudiante 8	8,9	Sí	Sí	Sí
Estudiante 9	6,2	No	No	No
Estudiante 10	7,4	Sí	Sí	Sí
Estudiante 11	8,4	Sí	Sí	Sí
Estudiante 12	9,2	Sí	Sí	Sí
Estudiante 13	8,7	Sí	Sí	Sí
Estudiante 14	7,6	Sí	Sí	Sí
Estudiante 15	6,05	Sí	No	Sí
Estudiante 16	5,85	No	No	No
Estudiante 17	9,6	Sí	Sí	Sí
Estudiante 18	6,2	No	No	Sí
Estudiante 19	5,7	Sí	No	Sí
Estudiante 20	7,7	Sí	Sí	Sí
Estudiante 21	8,2	Sí	No	Sí
Estudiante 22	9,2	Sí	Sí	Sí
Estudiante 23	6,25	Sí	Sí	Sí
Estudiante 24	5	Sí	Sí	Sí
Estudiante 25	6,5	Sí	No	No
Estudiante 26	4,9	No	No	No
Estudiante 27	3,3	Sí	No	No
Media	6,83			
Desviación estándar	1,76			
Bien resuelto		19 sí	13 sí	20 sí
%		70,37%	48,15%	74,07%
Mal resuelto		8 no	14 no	7 no
%		29,63%	51,85%	25,93%

Tabla 5. Resultados extraídos de las presentaciones de la práctica 1 de “Reptes Científics Actuals (Física i Química).

	Presentación práctica 8
Estudiante 1	8
Estudiante 2	10
Estudiante 3	10
Estudiante 4	10
Estudiante 5	10
Estudiante 6	9
Estudiante 7	7
Estudiante 8	9
Estudiante 9	10
Estudiante 10	10
Estudiante 11	10
Estudiante 12	10
Estudiante 13	10
Estudiante 14	8,5
Estudiante 15	x
Estudiante 16	9
Estudiante 17	10
Estudiante 18	9
Estudiante 19	10
Estudiante 20	10
Estudiante 21	9
Estudiante 22	10
Estudiante 23	9
Estudiante 24	10
Estudiante 25	10
Estudiante 26	9
Estudiante 27	10

Tabla 6. Resultados extraídos de la prueba de la práctica 1 de “Reptes Científics Actuals (Física i Química). Para simplificar la tabla Sí = Problema bien resuelto y No = Problema mal resuelto.

	Práctica 1	Estado físico de los compuestos	% (m/m)	[]	Estequiometría
Estudiante 1	9,4	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 2	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 3	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 4	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 5	9,4	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 6	7	Sí	Sí	No	Sí
Estudiante 7	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 8	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 9	9,1	Sí	Sí	No	No
Estudiante 10	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 11	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 12	9,4	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 13	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 14	9,1	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 15	x	x	x	x	x
Estudiante 16	9,75	Sí	Sí	No	Sí
Estudiante 17	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 18	9,4	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 19	9,4	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 20	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 21	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 22	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 23	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 24	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 25	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 26	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 27	9,4	No	Sí	Sí	Sí
Media	9,67				
Desviación estándar	0,63				
Bien resuelto		25 sí	26 sí	23 sí	19 sí
%		96,15%	100%	88,46%	73,08%
Mal resuelto		1 no	0 no	3 no	7 no
%		3,85%	0,00%	11,54%	26,92%

Tabla 7. Resultados extraídos de la prueba de la práctica 2 de “Reptes Científics Actuals (Física i Química). Para simplificar la tabla Sí = Problema bien resuelto y No = Problema mal resuelto.

	Práctica 2	Tipo de Reacción	Estequiometría	R.L. i R.E.	[]	c)	d)	e) f) g)
Estudiante 1	8,2	No	Sí	Sí	No	No	No	No
Estudiante 2	9,1	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 3	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 4	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 5	9,2	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí
Estudiante 6	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 7	8,9	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Estudiante 8	9,6	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Estudiante 9	9,8	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Estudiante 10	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 11	9,7	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Estudiante 12	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 13	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 14	9,1	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 15	x	x	x	x	x	x	x	x
Estudiante 16	8,7	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 17	10	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 18	8,3	No	Sí	Sí	No	No	Sí	No
Estudiante 19	9,7	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 20	9,9	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 21	9,9	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 22	9,9	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 23	9,6	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 24	9,6	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 25	8,9	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No
Estudiante 26	9,5	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 27	8,9	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
Media	9,41							
Desviación estándar	0,50							
Bien resuelto		8 sí	24 sí	24 sí	22 sí	22 sí	21 sí	16 sí
%		30,8%	92,3%	92,3%	84,6%	84,6%	80,8%	61,5%
Mal resuelto		18 no	2 no	2 no	4 no	4 no	5 no	10 no
%		69,2%	7,7%	7,7%	15,4%	15,4%	19,2%	38,5%

Tabla 8. Resultados extraídos de la prueba de la práctica 3 de “Reptes Científics Actuals (Física i Química). Para simplificar la tabla Sí = Problema bien resuelto y No = Problema mal resuelto.

	Práctica 3	Preparación de la solución A	Preparación de las diluciones	Escoger la mejor disolución para preparar C	Pregunta extra
Estudiante 1	-	-	-	-	-
Estudiante 2	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 3	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 4	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 5	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 6	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 7	-	-	-	-	-
Estudiante 8	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 9	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 10	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 11	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 12	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 13	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 14	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 15	x	x	x	x	x
Estudiante 16	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 17	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 18	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 19	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 20	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 21	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 22	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 23	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 24	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 25	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 26	10	Sí	Sí	Sí	Sí
Estudiante 27	-	-	-	-	-
Media	10				
Desviación estándar	0				
Bien resuelto		23 sí	23 sí	23 sí	23 sí
%		100%	100%	100%	100%
Mal resuelto		0 no	0 no	0 no	0 no
%		0%	0%	0%	0%