

En busca de alternativas para facilitar la enseñanza - aprendizaje de la estequiometría

Ana Valderrama Negrón | avalderrama@pucp.edu.pe

Patricia Gonzales Gil | pgonzales@pucp.edu.pe

Introducción:

El curso de Química 1, impartido en la Unidad de Estudios Generales Ciencias de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), es un curso obligatorio para todos los estudiantes de las carreras de Ciencias e Ingeniería. Se lleva a cabo utilizando dos metodologías de enseñanza-aprendizaje: el sistema ABP (aprendizaje basado en problemas) y el sistema colaborativo. El curso consta de ocho capítulos, en los que se incluyen temas de conceptos básicos (materia y energía, enlace químico), otros que requieren razonamiento matemático y cálculos (estequiometría, estados de la materia y soluciones) y una introducción a la química orgánica y materiales modernos.

Durante el tiempo en el que hemos dictado el curso de Química 1, observamos las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje del capítulo correspondiente a estequiometría, así como las dificultades que enfrentan los profesores al enseñar dicho tema. El problema se pone en evidencia de manera inmediata en los bajos puntajes obtenidos por los estudiantes en las preguntas relacionadas con estequiometría, ya sea en las prácticas calificadas o en los exámenes del curso.

Este hecho ha generado una gran preocupación dentro del grupo de profesores de Química 1, ya que, en capítulos subsecuentes al tema de estequiometría (por ejemplo, estados de la materia y soluciones), los estudiantes deben manejar ya con facilidad los conceptos de estequiometría, sobre todo cuando se desarrollan ejercicios integrados. Esta misma preocupación ha sido manifestada por los profesores del curso de Química 2, ya que, en este curso, se requiere que los estudiantes tengan conocimientos previos de estequiometría.

En nuestro afán de buscar alguna alternativa que facilite el aprendizaje del tema en cuestión, encontramos que no se trata solo de un problema de los estudiantes de nuestra Universidad sino que, por el contrario, es un problema que afronta la gran mayoría de los estudiantes que inician un curso de química general en universidades a nivel mundial (Wood y Breyfogle 2006; Huddle y Pillay 1996; Sanger 2005; Vitz 2005). Diversos estudios señalan, por ejemplo, que la mayoría de los alumnos son capaces

de resolver los ejercicios numéricos tradicionales que aparecen en los libros de texto, pero que, al aumentar el grado de dificultad de las preguntas o al cambiar el formato de presentación del problema, tienen serias dificultades en la resolución de los ejercicios (Word y Breyfogle 2006; Huddle y Pillay 1996; Sanger 2005). Pocos estudiantes son capaces de resolver preguntas conceptuales de estequiometría, y la gran mayoría de ellos puede entender conceptos básicos como la determinación de coeficientes estequiométricos y balance de ecuaciones, pero encuentran muy difícil de entender los conceptos como el de reactivo limitante (Wood y Breyfogle, 2006).

Con la finalidad de ayudar a los estudiantes a entender los conceptos de estequiometría, algunos investigadores han optado por realizar demostraciones de reacciones químicas en el aula, lo cual podría también contribuir a motivar al alumnado (Wood y Breyfogle 2006; Meyer y col. 2003; Artdej y Thongpanchang 2008). Los resultados de estos estudios indican que las demostraciones ayudan a los estudiantes a resolver preguntas conceptuales, pero que, al mismo tiempo, los convierte en observadores pasivos, lo cual podría afectar negativamente su capacidad de aprendizaje (Wood y Breyfogle 2006; Meyer y col. 2003). Otros investigadores han optado por el uso de preguntas gráficas, con las cuales se puede enseñar a los estudiantes conceptos tales como coeficientes estequiométricos e identificación del reactivo limitante y del reactivo en exceso (Sanger 2005).

Teniendo en cuenta esta información y con el deseo de elaborar estrategias más efectivas para lograr una mejora en el aprendizaje del tema de estequiometría, diseñamos una serie de actividades para desarrollar el tema en cinco horarios del curso de Química 1 que utilizaban el sistema de aprendizaje colaborativo. Se establecieron evaluaciones que sirvieron como diagnóstico del grado de aprendizaje alcanzado por los estudiantes por medio de estas actividades. Nuestros resultados muestran que, si bien las actividades colaborativas realizadas en clase ayudan a los estudiantes a aprender estequiometría, aún estamos lejos de haber encontrado una manera para desarrollar el tema, de modo que este aprendizaje sea profundo y se mantenga en los estudiantes a largo plazo.

Metodología:

El presente estudio se realizó en el semestre 2009-2 e involucró a cinco horarios del curso de Química 1 que trabajaban con el método colaborativo. Tres de los horarios estuvieron a cargo de una de las autoras y dos, a cargo de la otra. El curso de Química 1 está organizado en dos sesiones presenciales de dos horas académicas cada semana (100 minutos por sesión). De acuerdo con el programa del curso, el capítulo de estequiometría es el cuarto que se presenta en el semestre y se cuenta con tres horas para desarrollarlo, aunque, en la práctica, suele utilizarse un promedio de cuatro a cinco horas para poder explicar la teoría y realizar ejercicios en clase con los estudiantes.

En la primera sesión, se inició el desarrollo del tema con una clase expositiva sobre los conceptos básicos de estequiometría: balance de ecuaciones, cálculos a partir de las ecuaciones balanceadas, reactivo limitante y rendimiento. La clase incluyó también la resolución de diversos ejercicios clásicos, realizados en la pizarra por el profesor del curso. Durante los últimos 10 minutos de la sesión, los estudiantes resolvieron, de manera individual, una breve evaluación que consistía en dos preguntas gráficas (una de opción múltiple y otra de respuesta abierta, Anexo 1). Estas preguntas fueron tomadas de dos estudios previos (Wood y Breyfogle 2006; Mulford y Robinson 2002) y estaban diseñadas de manera que se detectara con facilidad el tipo de error que tenían los estudiantes en sus conceptos de estequiometría. Al término de la evaluación, los estudiantes entregaron todo el material con el que habían trabajado y no se les brindó la solución a las preguntas.

Al inicio de la segunda sesión, los estudiantes resolvieron una segunda evaluación, esta vez con una pregunta numérica, diseñada por una de las autoras (Anexo 2). Esta evaluación tuvo una duración de 20 minutos, también fue de carácter individual y tampoco se permitió a los estudiantes conservar las hojas de evaluación. La sesión continuó con el trabajo colaborativo en el aula. Los estudiantes trabajaron de manera grupal en la resolución de problemas de estequiometría, con la asesoría de la profesora del curso y de dos asistentes de docencia. En el Anexo 3, se presentan tres de las actividades realizadas, a manera de ejemplos. La actividad A fue realizada con uno de los horarios del curso y fue adaptada de una publicación anterior en la que se planteaba el uso de un tema de interés general, como es la nutrición, para hacer más accesible a los estudiantes el tema de estequiometría (Vitz 2005). Las actividades B y C se realizaron con tres de los horarios y fueron tomadas de exámenes pasados del curso. Durante los últimos 10 minutos de la sesión, los estudiantes resolvieron nuevamente, de manera individual, las preguntas gráficas presentadas en el Anexo 1.

Al inicio de la tercera sesión, los estudiantes resolvie-

ron nuevamente, de manera individual, la pregunta numérica presentada en el Anexo 2 (20 minutos). Luego, se emplearon algunos minutos adicionales en resolver cualquier duda que aún tuvieran los estudiantes sobre el tema. Con esto, se cerró la unidad del curso dedicada exclusivamente al tema de estequiometría.

El primer examen del curso de Química 1 se realizó aproximadamente una semana después de concluir el capítulo de estequiometría. En este examen, diseñado sobre 20 puntos, se incluía una pregunta de estequiometría de 3 puntos (Anexo 4, A), de dificultad media (constaba de preguntas parciales que podían servir como guía para el estudiante). Se registró el puntaje obtenido por los estudiantes en esta pregunta en los cinco horarios que fueron objeto del presente estudio. Se consideró como aprobado a aquel estudiante que obtuvo más de la mitad del puntaje total de la pregunta (en este caso, 1,75 puntos o más).

En la semana siguiente al primer examen, los estudiantes resolvieron una pregunta similar a la presentada en el examen, pero modificada de manera tal que se redujera el grado de guía que se brindaba a los estudiantes por medio de las preguntas parciales (Anexo 4, B) y que tenía un puntaje máximo de 4. Nuevamente, se consideró como aprobado a aquel estudiante que obtuvo más de la mitad del puntaje total de la pregunta (en este caso, 2,25 puntos o más).

Resultados y discusión:

Nuestro objetivo fue realizar un estudio preliminar de los problemas que presenta para los estudiantes el aprendizaje del tema de estequiometría, concretamente en el curso de Química 1, con la finalidad de elaborar estrategias más efectivas para presentar el tema a los estudiantes.

Como resultado, tenemos que, luego de realizar una clase expositiva sobre el tema, solo el 11,7 % de los estudiantes evaluados fueron capaces de responder correctamente la pregunta gráfica de opción múltiple que se había planteado (respuesta D, ver tabla 1). La mayoría de los estudiantes optaron por las respuestas E y C, las cuales no consideran que los átomos deben conservarse durante una reacción química. Resulta particularmente preocupante la cantidad de estudiantes que optaron por la respuesta E (37,2%). En este caso, los estudiantes parecen haberse limitado a observar el coeficiente estequiométrico indicado para el producto en la ecuación balanceada (dos) para dar su respuesta (en la respuesta E, se observan dos unidades de “producto”), en lugar de analizar la cantidad de reactivos que tenían en la mezcla inicial de reacción y cuál era la fórmula del producto de la reacción. Por otro lado, la situación mejoró luego

de realizar el trabajo colaborativo en aula: el 32,3% de los alumnos dio la respuesta correcta y el porcentaje de alumnos que seleccionó la respuesta E disminuyó considerablemente (ver tabla 1).

TABLA 1

Distribución de las respuestas de los alumnos en la pregunta gráfica de opción múltiple, expresada en porcentajes

Respuesta	Evaluación previa	Evaluación posterior
A	8,5	10,1
B	17,0	2,0
C	25,5	28,3
D	11,7	32,3
E	37,2	27,3

Las otras dos preguntas utilizadas para evaluar el aporte del trabajo colaborativo al aprendizaje de los estudiantes mostraron resultados similares. En la tabla 2, se puede observar que el puntaje promedio obtenido por los estudiantes, tanto en la pregunta gráfica de respuesta abierta como en la pregunta numérica, se incrementó luego de realizar las actividades colaborativas en el aula. Los estudiantes de los cinco horarios que fueron objeto de este estudio no desarrollaron las mismas actividades colaborativas. Esto fue debido a que los horarios estaban a cargo de dos profesoras distintas y también al diferente nivel de conocimientos previos y habilidades que los estudiantes tenían.

A los estudiantes les pareció útil el desarrollo de estas actividades, ya que los ayudaban a identificar puntos que no habían quedado claros para ellos en la clase expositiva. Adicionalmente, los obligaba a realizar por sí mismos el proceso de razonamiento involucrado en la resolución de problemas, en lugar de que estuvieran limitados a seguir el razonamiento de la profesora en la pizarra.

TABLA 2

Resultados obtenidos por los alumnos en las evaluaciones previa y posterior al desarrollo del trabajo colaborativo

	Evaluación previa	Evaluación posterior
Pregunta gráfica de respuesta abierta (máximo obtenible: 4 puntos)	0,9	1,5
Pregunta numérica (máximo obtenible: 5 puntos)	3,0	4,0

En el primer examen del curso, se planteó una pregunta de estequiometría que representaba 3 de los 20 puntos de la prueba. Esta pregunta era relativamente sencilla, puesto que estaba desglosada en una serie de preguntas parciales que podían servir al estudiante como una guía del procedimiento a seguir para su resolución. El desempeño de los estudiantes en la pregunta fue relativamente bueno (en comparación con semestres anteriores): los estudiantes que fueron tomados en cuenta en este estudio (cinco horarios, 264 alumnos) obtuvieron un puntaje promedio de 2 sobre el máximo obtenible de 3. El 65% de estos estudiantes obtuvo un puntaje que podría calificarse como aprobado en esta pregunta específica.

Si bien los resultados obtenidos en el examen fueron buenos en el tema de estequiometría, resultaba interesante evaluar si los estudiantes podrían ser capaces de resolver un problema un poco más complejo. Con esa finalidad, la semana siguiente al examen, se utilizó una pregunta muy similar para evaluar a un grupo de estudiantes (dos horarios, 100 estudiantes). La diferencia con la pregunta del examen radicaba principalmente en la ausencia de preguntas parciales “guía”. Los estudiantes resolvieron esta pregunta de manera grupal para facilitar el intercambio de ideas y promover un ambiente de trabajo menos tenso que el del examen, pero sin asesoría de la profesora ni de los asistentes de docencia.

Durante todo el semestre, los estudiantes considerados en esta sección del estudio se habían desempeñado mejor en evaluaciones grupales que en evaluaciones individuales, por lo que se asumió que el trabajo grupal compensaría, al menos en parte, el mayor grado de dificultad que presentaba la pregunta. Sin embargo, los resultados obtenidos por los estudiantes fueron significativamente más pobres que los obtenidos en el primer examen (tabla 3). Esto nos preocupa, porque podría indicar que los estudiantes no llegaron a dominar el tema hasta el punto de poder plantear por sí mismos una estrategia para la resolución de un problema o que “olvidaron” el tema una vez que este fue evaluado en el examen. Estequiometría es un tema que se trata repetidamente en el curso de Química 1 (se retoma en el quinto y en el sexto capítulo del curso) y que también es necesario para Química 2, por lo que debe buscarse que los estudiantes comprendan los conceptos discutidos a un nivel más alto, los retengan a largo plazo, y sean capaces de aplicarlos a situaciones nuevas y desconocidas para ellos.

TABLA 3

Resultados obtenidos por un grupo de alumnos en la pregunta de estequiometría del primer examen de Química 1 y en una pregunta similar tomada una semana después del examen

	Puntaje promedio	Porcentaje de alumnos aprobados
Pregunta del primer examen de Química 1	2,4 sobre 3,0	83,0
Pregunta similar a aquélla del primer examen de Química 1	2,5 sobre 4,0	56,8

Conclusiones

El trabajo presentado constituye una primera aproximación por parte de las autoras para investigar la problemática asociada al aprendizaje del tema de estequiometría en los cursos de química general en la PUCP. Nuestros resultados mostraron que si bien el trabajo colaborativo desarrollado en el aula contribuye al aprendizaje de los estudiantes, los conceptos aprendidos son retenidos por ellos por un período bastante corto. Tal vez, una alternativa sería recurrir a otras herramientas aún no explotadas del todo en el curso, tales como las demostraciones en aula (Wood y Breyfogle 2006; Meyer y col. 2003; Artdej y Thongpanchang 2008) o el uso de software educativo que permita que el estudiante trabaje de manera interactiva (Model Science Software, The Chemcollective).

También, creemos que estos estudios deben ser extendidos a un mayor número de horarios, tanto del sistema de aprendizaje colaborativo como del ABP, para que con ello, se pueda evaluar en conjunto, mejores alternativas para la enseñanza-aprendizaje de la estequiometría.

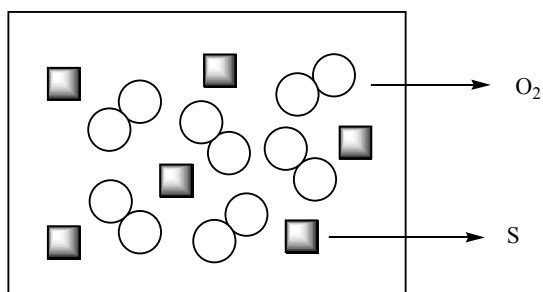
Referencias

- ARTDEJ, R. y THONGPANCHANG, T.**
2008 "A dramatic classroom demonstration of limiting reagent using the vinegar and sodium hydrogen carbonate reaction". *Journal of Chemical Education*, volumen 85, pp. 1382-1384.
- HUDDLE, P.A. y PILLAY, A.E.**
1996 "An in-depth study of alternate conceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university". *Journal of Research in Science Teaching*, volumen 33, pp. 65-67.
- MEYER, L. S., SCHMIDT, S., NOZAWA, F. y PANEE, D.**
2003 "Using demonstrations to promote student comprehension in chemistry". *Journal of Chemical Education*, volumen 80, pp. 431- 435.
- MODEL SCIENCE SOFTWARE.**
Model science Software. Consulta: enero de 2009.
<<http://www.modelscience.com>>
- MULFORD, D.R. y ROBINSON, W.R.**
2002 "An inventory of alternate conceptions among first-semester General Chemistry students". *Journal of Chemical Education*, volumen 79, pp. 739-744.
- SANGER, M.**
2005 "Evaluating students' conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing". *Journal of Chemical Education*, volumen 82, pp. 131-134.
- THE CHEMCOLLECTIVE.**
The Chemcollective: Online resources for teaching and learning chemistry. Consulta: enero de 2009.
<<http://www.chemcollective.org>>
- VITZ, E.**
2005 "Amino acid complementarity: A biochemical exemplar of stoichiometry for General and Health Sciences Chemistry". *Journal of Chemical Education*, volumen 82, pp. 1013-1016.
- WOOD, C. y BREYFOGLE, B.**
2006 "Interactive demonstrations for mole ratios and limiting reagents". *Journal of Chemical Education*, volumen 83, pp. 741-748.

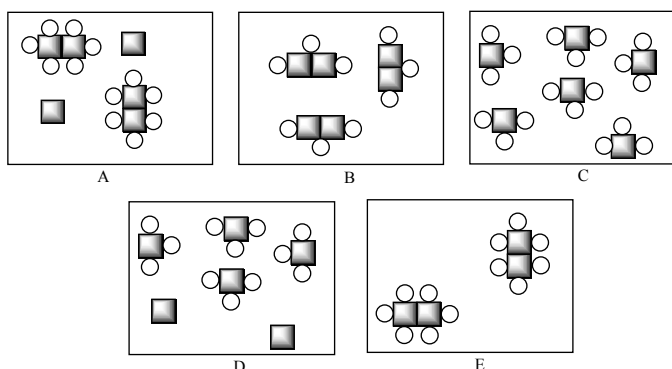
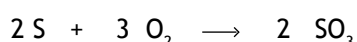
Anexo 1: Preguntas gráficas

Pregunta gráfica de opción múltiple

El siguiente diagrama muestra una mezcla de S y O₂ que se encuentra en un recipiente cerrado:

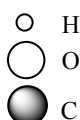
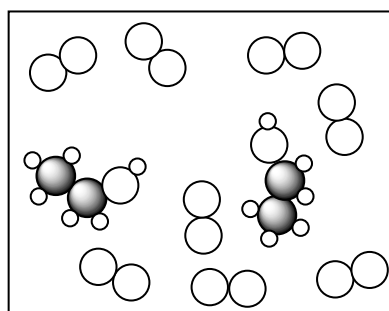
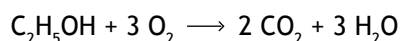


Indique cuál de los diagramas que se muestran a continuación representa mejor el contenido del recipiente luego de que el S y el O₂ hayan reaccionado al 100% según la siguiente reacción:



Pregunta gráfica de respuesta abierta

El siguiente diagrama muestra una mezcla de etanol y O₂ en un recipiente cerrado. Haga un diagrama que represente el contenido del recipiente luego de una reacción de combustión completa del etanol:



Anexo 2: Pregunta numérica

Pregunta gráfica de opción múltiple

El etanol (C₂H₅OH) es un compuesto químico que puede ser utilizado como combustible, ya sea solo o mezclado en cantidades variadas con gasolina, por lo que su uso se ha extendido principalmente para reemplazar el consumo de derivados del petróleo. El combustible resultante de la mezcla de etanol y gasolina se conoce como gasohol oalconafta.

En una reacción de combustión, el etanol se quema y forma dióxido de carbono (CO₂) y agua.

1. Escriba la ecuación balanceada que represente la reacción de combustión del etanol.
2. Si se queman 358,68 g de etanol en presencia de 748,55 g de oxígeno,
 - a. calcule el número de moles etanol y de oxígeno que están reaccionando.
 - b. ¿cuántos gramos de CO₂ se producen?
3. Determine el reactivo limitante y el reactivo en exceso si 180 g de etanol se queman en presencia de 300 g de oxígeno.
4. A partir de los datos de la pregunta 3, determine el porcentaje de rendimiento si se obtuvieron 100 g de agua.

Masas atómicas (uma):

H: 1, C: 12, O: 16

Anexo 3: Ejemplos de actividad colaborativa desarrollada en el aula

Ejemplo A

Las proteínas son muy importantes en nuestro organismo, ya que cumplen una gran variedad de funciones en él. Por ejemplo, tenemos proteínas que están involucradas en el movimiento muscular (actina y miosina), en el transporte de oxígeno en la sangre (hemoglobina) e incluso tenemos proteínas hormonales como la insulina.

Una proteína está compuesta por diversos aminoácidos. Si bien nuestro organismo es capaz de producir muchos de los aminoácidos que necesita para sintetizar proteínas, existen 8 aminoácidos que no pueden ser producidos por el ser humano. Estos aminoácidos deben ser consumidos en nuestra dieta diaria, se conocen como "aminoácidos esenciales" y son los siguientes: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. La cisteína y la tirosina son aminoácidos que también se consideran como esenciales en ciertos casos.

Cada proteína tiene una composición distinta de aminoácidos (los aminoácidos que contiene pueden ser diferentes y la proporción en la que se encuentran también puede variar).

La proteína de origen animal, por ejemplo, es más parecida a la humana en lo que respecta a su composición de aminoácidos, mientras que la proteína de origen vegetal puede ser bastante diferente.

Tomemos como ejemplo el trigo y los frejoles. La proteína del trigo es relativamente pobre en lisina e isoleucina, comparada con la proteína humana. Entonces, una dieta basada solamente en trigo no sería ideal (estos dos aminoácidos serían “reactivos limitantes”). Los frejoles, por otro lado, tienen un exceso de lisina e isoleucina, comparados con la proteína humana; entonces, parte de esos aminoácidos no puede ser aprovechada por el ser humano si se come solo frejoles. Sin embargo, si se come trigo y frejoles el mismo día, los aminoácidos consumidos estarían en una proporción más similar a la de la proteína humana y, por lo tanto, la dieta sería más balanceada.

Suponga que una proteína humana es producida de la siguiente manera:

110 Lys + 10 Trp → Proteína X + 119 H₂O
(ecuación ya balanceada)

Lys: lisina, masa molar 146 g

Trp: triptófano, masa molar 204 g

Proteína X: proteína humana imaginaria, masa molar 15 958 g

Se estima que una persona de 70 kg debe consumir un promedio de 2,66 g de Lys y 0,35 g de Trp al día.

Caso 1: Una persona consume 3 g de Lys y 3 g de Trp al día.

- ¿Cuánta proteína (en gramos) podría producir su organismo a partir de esas cantidades de aminoácidos?
- ¿Alguno de los aminoácidos está en exceso? De ser así, ¿qué masa de ese aminoácido se desperdicia?

Caso 2: Una persona consume 1,10 g de Lys y 0,10 g de Trp al día.

- ¿Cuánta proteína (en gramos) podría producir su organismo a partir de esas cantidades de aminoácidos?
- ¿Alguno de los aminoácidos está en exceso? De ser así, ¿qué masa de ese aminoácido se desperdicia?

Caso 3: Una persona consume 3 g de Lys al día. ¿Cuántos gramos de Trp deberá consumir ese mismo día para no desperdiciar ningún aminoácido?

Caso 4:

- Pedro decide alimentarse solamente de papa y arroz por una semana. Cada día consume 3 tazas de arroz y 6 papas medianas.
- Amol decide seguir una dieta muy típica de su país natal (India) y consume 3 tazas de arroz y 3 tazas de lentejas al día.
- A Joseph le gusta la comida de sus ancestros (su familia proviene de Líbano) y decide alimentarse solamente

de falafels (preparación con garbanzos) y pan pita. Cada día consume el equivalente a 3 tazas de garbanzos y 6 panes.

Asuma que las tres personas mencionadas pesan 70 kg. Sobre la base de la información anterior y de los datos que aparecen en la tabla 1, determine lo siguiente para cada una de las personas mencionadas:

- ¿Está ingiriendo suficiente Lys y Trp?
- ¿Está desperdiciando alguno de estos dos aminoácidos esenciales? Si es así, ¿qué masa de este aminoácido está desperdiciando?

Pregunta adicional: ¿Sería necesario para Amol añadir un pedazo de carne de 150 g a su dieta diaria? Explique su respuesta.

TABLA 1
Contenido de Lys y Trp (en mg) en diversos alimentos

Alimento	mg de Lys	mg Trp
1 taza de arroz	160	52
1 taza de lentejas	1247	160
1 taza de garbanzos	973	139
1 papa mediana	263	67
1 pan pita	170	78
1 trozo de carne de 100 g	1573	198

Datos tomados de: Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Servicio de Ciencia y Política de la Alimentación, Dirección de Nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia, 1970. <http://www.fao.org/docrep/005/ac854t/ac854t00.HTM> (agosto del 2009).

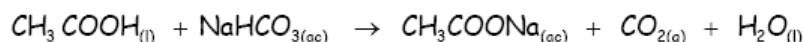
Ejemplo B

(tomado del primer examen de Química 1, 2007-1)

9. (1,0 p) Tercer problema propuesto. Responda únicamente la versión A o la versión B

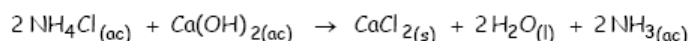
Los aminoácidos que se encuentran en las proteínas se dividen en dos grupos: esenciales y no esenciales. Un aminoácido es una molécula que contiene un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH₂) libres.

A. Un ácido carboxílico es un compuesto orgánico que contiene un grupo carboxilo (-COOH). El ácido acético, CH₃COOH, el cual se encuentra en el vinagre, reacciona con bicarbonato de sodio, NaHCO₃, produciendo acetato de sodio, (CH₃COONa), dióxido de carbono y agua según la siguiente reacción:



Determine:

- a) (0,5 p) El volumen en litros, de ácido acético, CH₃COOH, al 100 % (d= 1,05 g/mL) que debe utilizarse para obtener 320 g de acetato de sodio, CH₃COONa, si la reacción presenta un rendimiento del 100 %.
- b) (0,5 p) La masa (en libras) de bicarbonato de sodio, NaHCO₃, que debe utilizarse esta vez para que la reacción alcance un rendimiento de solo 92 %.
- B. Un grupo amino (-NH₂) es un grupo funcional derivado del amoníaco, NH₃. En el laboratorio, un método común de obtener amoníaco es mediante la siguiente reacción:

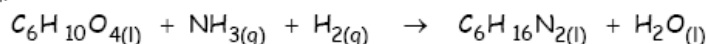


Si se han obtenido 325 kg de NH₃, determine:

- a) (0,5 p) la masa (en kilos) de hidróxido de calcio, Ca(OH)₂, utilizada, asumiendo un rendimiento del 85 %.
- b) (0,5 p) la masa (en libras) de cloruro de calcio, CaCl₂, obtenido.

10. (2,5 p) Cuarto problema propuesto.

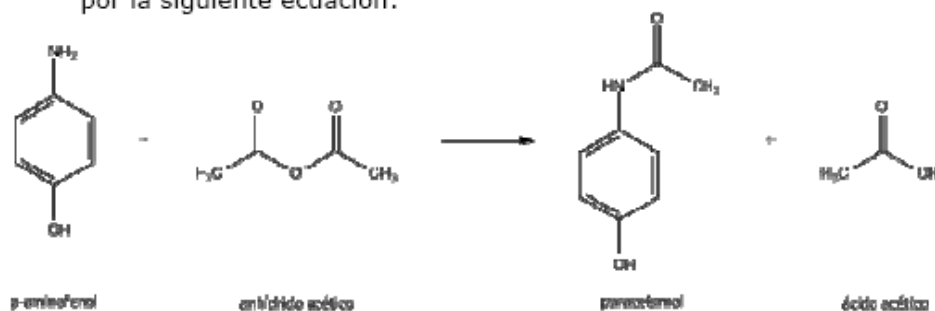
El nylon en forma de fibra textil es elástico y resistente, no le ataca la polilla, no requiere de planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también en cerdas y sedales. El nylon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc. Uno de los reactivos utilizados para la fabricación de nylon es la hexametildiamina, C₆H₁₆N₂, la cual es sintetizada a partir del ácido atípico, C₆H₁₀O₄, de acuerdo a la siguiente reacción:



- a) (0,5 p) Balancee la ecuación.
- b) (1,0 p) ¿Qué masa en gramos, de hexametildiamina, C₆H₁₆N₂, se puede producir a partir de 1,0 kg de ácido atípico y 2,0 kg de amoníaco con cantidad suficiente de hidrógeno?
- c) (1,0 p) Si se obtienen 765 g de hexametildiamina a partir de 1,0 kg de ácido adípico, ¿cuál será el rendimiento de la reacción?

Ejemplo C: (tomado del primer examen de Química 1, 2008-1)

- d. (2,0 p) La reacción de síntesis del paracetamol o acetaminofén se representa por la siguiente ecuación:



- i. (0,75) Verifique si la ecuación de obtención del analgésico está balanceada.
 - ii. (0,75) Para la producción de paracetamol se utiliza un cilindro de cada reactivo. Si cada cilindro tiene 10 L de capacidad y las densidades de los reactivos son:
 $d_{\text{p-aminofenol}} = 1,10 \text{ g/mL}$, $d_{\text{anhídrido acético}} = 1,03 \text{ g/mL}$
 ¿Cuántos moles de cada reactivo participarán en la reacción?
 - iii. (0,50) En base a la estequiometría de la reacción y los moles de reactivos, calcule el número de moles de paracetamol producido.
- e. (1,0p) Si se sabe que la presentación del producto es en frascos de de 125 mL y que cada frasco contiene 150 mg de paracetamol por cada 5 mL (una cucharadita),
- i. determine la masa (en gramos) de paracetamol por frasco.
 - ii. calcule el número de frascos que se requerirán para envasar la cantidad del analgésico obtenida en (d iii).

Anexo 4: Pregunta del primer examen de Química 1, 2009-2

A: Pregunta original (evaluación sobre 3 puntos)

El grado de acidez de un vino es una condición que se controla durante todo el proceso de elaboración de esta bebida, ya que la falta de acidez produce una pérdida de la frescura del vino, su oscurecimiento y una mayor inestabilidad por la presencia de bacterias. Debido a que el componente ácido principal de los vinos es el ácido tartárico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$), se puede disminuir la acidez del vino retirando este ácido con una sal como el carbonato de calcio, CaCO_3 , en un proceso llamado "precipitación". En este proceso, el ácido tartárico y el carbonato de calcio reaccionan para generar agua, el gas dióxido de carbono y la sal tartrato de calcio ($\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$). El sólido formado es removido mediante filtración.

- a. (0,50 p) Escriba la ecuación balanceada que representa el proceso de precipitación del ácido tartárico.
- b. (2,50 p) En un laboratorio del Instituto de Investigación del Vino de Australia (Australian Wine Research Institute), se utilizaron 1,2 g de CaCO_3 para remover 2,81 g de ácido tartárico de una botella de vino blanco.
 - i. (0,5 p) Calcule el número de moles de $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ y CaCO_3 utilizados en este proceso.

- ii. (0,5 p) Determine el reactivo limitante y el reactivo en exceso.
- iii. (0,5 p) Halle la masa (en gramos) del agua y del CO_2 producidos.
- iv. (0,5 p) Determine cuántas moléculas del reactivo en exceso quedan sin reaccionar.
- v. (0,5 p) ¿Cuál es el porcentaje de rendimiento si se obtuvieron 0,51 g de CO_2 ?

Masas atómicas (uma):

H: 1, C: 12, O: 16, Ca: 40

B: Modificación de la pregunta del examen (evaluación sobre 4 puntos)

Las preguntas parciales a., b.i, b.ii y b.iv. fueron reemplazadas por:

¿Cuáles serían los componentes de la mezcla que se obtiene al final de la reacción? Asuma que la reacción se da en un recipiente herméticamente cerrado.

Las preguntas b.iii y b.v se mantuvieron intactas.