

Experimentos químicos de bajo costo: un aporte desde la microescala

Alexis González; Carlos Urzúa

Universidad de Santiago de Chile. Chile. alexisgonzalez87@gmail.com

[Recibido en diciembre de 2011, aceptado en marzo de 2012]

Las actividades experimentales en el laboratorio son parte fundamental para la enseñanza y el aprendizaje de la Química. Sin embargo, muchas veces su implementación puede verse limitada por la carencia de materiales, de instrumentos, por el costo de los reactivos y los riesgos que conlleva una deficiente manipulación, entre otros factores. Como una forma de favorecer la implementación de actividades experimentales en la enseñanza de la química y ayudar a disminuir algunos de los factores que las limitan, el presente trabajo propone una serie de experimentos que utilizan materiales de fácil acceso, reducido costo y de uso cotidiano. El acercamiento de los estudiantes al estudio de la química desde una manera contextualizada que hace uso de actividades experimentales sencillas a micro escala e innovadoras en cuanto a materiales, resulta ser a juicio de los autores un aporte a la enseñanza de la química.

Palabras clave: Experimentos químicos, química a microescala, enseñanza de la química.

Low-cost chemical experiments: a contribution from the microscale

Experimental activities in laboratories are an important part in teaching and learning Chemistry. However, its implementation can normally be affected by a lack of materials, instruments, reagents price and the risks related to non-proper manipulation among many other factors. Therefore, in order to give better chances to implement experimental activities in teaching Chemistry and diminishing before mentioned problems, this work proposes a series of experiments that use easy-to-get, low cost and daily-used materials. According to the authors criteria, the student's closeness to Chemistry using simple experimental activities, which are designed under a context of innovation and micro scale, is a contribution to Chemistry teaching.

Keywords: Chemistry experiments, Chemistry in micro scale, Chemistry teaching.

Introducción

Los experimentos de laboratorio son uno de los elementos fundamentales para lograr un conocimiento más exacto de la química (Flores, Caballero y Moreira, 2009). No obstante, su implementación en la sala de clases se ve limitada por el costo de los reactivos, materiales de laboratorio de difícil acceso, material de vidrio, residuos tóxicos o la falta de laboratorios equipados (Merino y Herrero, 2007). De esta manera, desarrollar experiencias de fácil acceso y de reducido costo surge como una alternativa para promover el trabajo experimental por parte de los profesores como apoyo a sus clases de Química.

Durante los últimos años, la química a microescala ha cobrado importancia como una rama de la Química que considera experiencias caracterizadas por tener un bajo riesgo de peligrosidad en la manipulación del material de laboratorio, reducir el gasto de agua y disolventes, bajo costo en implementación, menor espacio de almacenamiento del material de laboratorio y fácil trabajo en el aula (Roesky, 1997). Las consideraciones anteriores favorecen también la innovación didáctica por parte de los profesores y el desarrollo de la creatividad por parte de los estudiantes al participar en la construcción de su propio instrumental y experimentar por sí mismos el trabajo de laboratorio (Doria, 2009).

Las experiencias que se han diseñado y que se describen a continuación han sido pensadas para desarrollar habilidades de pensamiento científico en los estudiantes, junto con fomentar la creatividad mediante la utilización de recursos de fácil acceso y materiales reciclados. Los experimentos propuestos pueden ser usados como actividades prácticas de carácter cualitativo o cuantitativo. Por ejemplo, la experiencia de “conductividad eléctrica” puede ser abordada cualitativamente en cuanto a objetivo a alcanzar, si los alumnos concluyen que la conductividad eléctrica de una disolución acuosa se debe a la presencia de “iones”. Por su parte una mirada cuantitativa es la de que los alumnos sean capaces de concluir que a mayor grado de disociación de un electrolito, mayor será la conductividad eléctrica. Por su parte la experiencia de titulación de un ácido y posterior determinación de la acidez en una muestra de “vino”, así como la determinación de la cantidad de vitamina C presente en una muestra de jugo natural serían actividades particularmente cuantitativas. Por último, las mínimas cantidades de reactivos a usar, así como de los residuos que se producen constituyen un aporte a la “*Green Chemistry*” -Química Sustentable-, porque principalmente previenen la producción de residuos en altas cantidades, en lugar eliminarlos después de su formación (Tundo y Espósito, 2006).

Conductividad eléctrica: ¿el agua conduce la electricidad?

El estudio de la conductividad eléctrica en distintas disoluciones es una de las experiencias básicas que se realizan en cualquier curso de ciencias. Sin embargo, para ello se suelen usar ampolletas de 75 a 25 W conectadas a corriente alterna de 220 V de la red domiciliaria, lo que puede ser un riesgo considerable para los estudiantes. Por esta razón, en esta experiencia se hace uso de la corriente continua que suministra una batería para disminuir riesgos, reducir costos y espacios para su implementación. Del mismo modo se entregan las bases para la construcción de un “conductímetro”.

Construcción de un “conductímetro”: Para ello se utiliza una placa fenólica cubierta con cobre de 10 cm de largo x 5 cm de ancho. Estas placas son también conocidas como PCB por sus siglas en inglés Printed Circuit Board (Dezuari, Gilbert, Belloy y Gibs, 1999). El diseño del circuito sobre la placa se confecciona de la siguiente manera:

Se realiza un trazado con un plumón permanente sobre la PCB (figura N°1.a). A continuación, se introduce la placa en un recipiente plano que contiene aproximadamente 30 mL de cloruro férrico (FeCl_3), se deja reposar durante 15 o 20 minutos hasta la disolución completa de la cubierta de cobre (a excepción de la porción dibujada). Posteriormente, se limpia la placa con un paño con alcohol y se suelda un diodo LED (Light-Emitting Diode) como se indica en la figura 1.b. Finalmente, con un alicate se doblan los alambres de cobre formando un ángulo recto y se fijan en el extremo inferior de la placa, soldándose finalmente a un porta baterías.

Experimento: Una vez construido el circuito eléctrico de la placa, el profesor puede utilizar un conjunto de disoluciones problemas en pequeñas cantidades (20 mL) en diferentes frascos y de concentraciones al 1% m/v aproximadamente. Las soluciones pueden ser por ejemplo de $\text{HCl}_{(ac)}$, $\text{NaOH}_{(ac)}$, parafina, salmuera, agua con azúcar, entre otras. Luego, a los estudiantes se les debe solicitar medir la conductividad eléctrica de las disoluciones con el uso del circuito eléctrico construido. Posteriormente, el profesor puede presentar una actividad de discusión con relación a ¿porqué hay disoluciones que conducen la corriente eléctrica y otras no?, ¿Qué características deben tener las sustancias que se disuelven en agua para que finalmente se produzca conductividad eléctrica?, ¿Cómo se denominan las sustancias que en disolución acuosa permiten la conductividad eléctrica?

Fundamento: El estudiante, gracias a este tipo de experimento, podría concluir que disoluciones acuosas como NaCl, CuSO₄, HCl, NaOH, agua de mar y agua potable, encienden el LED de la placa debido a la existencia de iones. En otras palabras, especies químicas cargadas eléctricamente que son generadas por la disociación de dichos solutos son las responsables de la conductividad eléctrica (figura 2). De esta manera, para que el encendido de la ampolleta ocurra, debe existir un flujo de corriente eléctrica de un electrodo a otro cerrándose de ésta manera el circuito. Es importante que el estudiante contraste estos ejemplos con agua destilada (agua para baterías de automóviles), parafina, agua destilada con azúcar, entre otros, de manera que pueda explicar por qué en estos casos el LED no se enciende.

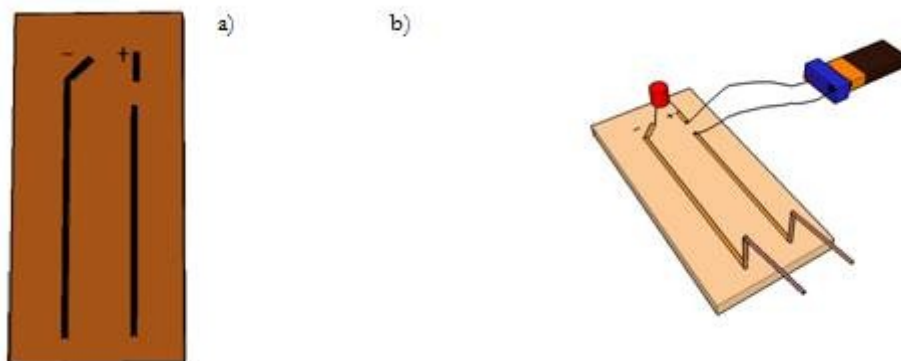


Figura 1. Circuito Eléctrico: a) El diseño de la placa debe ser dibujado en la placa con un plumón permanente o indeleble. b) Conexión del diodo LED y el porta batería.



Figura 2. Medición de la conductividad eléctrica en soluciones acuosas. El encendido del diodo LED indica conductividad en la solución.

Titulación: Cálculo de la acidez total de un vino

En un laboratorio de química, los estudios cuantitativos de las reacciones ácido-base se realizan utilizando un método denominado valoración o titulación. Este consiste en la utilización de una disolución de concentración conocida -disolución patrón- que se agrega gradualmente a otra disolución de concentración desconocida. La operación se realiza hasta que se complete la reacción química, la que se reconoce mediante el cambio de color o viraje de un indicador. El punto de la reacción en que se ha producido la neutralización entre un ácido y una base se conoce como punto de equivalencia. Alcanzado el punto de equivalencia se mide el volumen de ácido o base que se ha usado en la reacción de neutralización, pudiendo

de esta forma determinarse la cantidad de ácido o base que se encuentra en una disolución de concentración desconocida.

Para medir con exactitud el volumen consumido de la disolución patrón (se conoce su concentración) y realizar los cálculos respectivos, se hace uso de una bureta, agitando la solución. Para esto último, puede realizarse manualmente o por medio de un agitador magnético, con el objeto de poner en contacto homogéneamente las sustancias que están reaccionando. Como una forma de inducir la innovación en cuanto al uso de instrumentos en este experimento, se propone la confección de un sencillo agitador magnético y de una bureta a partir de materiales de reciclaje doméstico.

Construcción de un agitador magnético y una bureta: Para la construcción del agitador magnético se usa un ventilador de computador de 12 V (el cual puede conseguirse en tiendas de computadores, o extraerse de un computador en mal estado). El ventilador se conectó a un porta pilas, al que se le ha adherido un imán en la parte superior (2 cm de largo x 0,5 cm de ancho) (figura 3.a). Como aspa de agitación se puede utilizar un clip o un alfiler el cual se debe depositar dentro del recipiente.

Para la construcción de la bureta, se usó una jeringa de 10 mL a la que se le extrajo la aguja (Baeza, 2003). Luego, se le conectó una llave de 3 pasos para venoclisis (puede adquirirse en tiendas de artículos para médicos y farmacéuticos por un bajo costo), para permitir el paso regular del líquido que contendrá la bureta. Finalmente, con una esfera de poliestireno expandido (más conocido como plumavit, poliespan, poliespuma o isopor) se tapa el extremo intermedio de de la llave de tres pasos (figura 3.b).

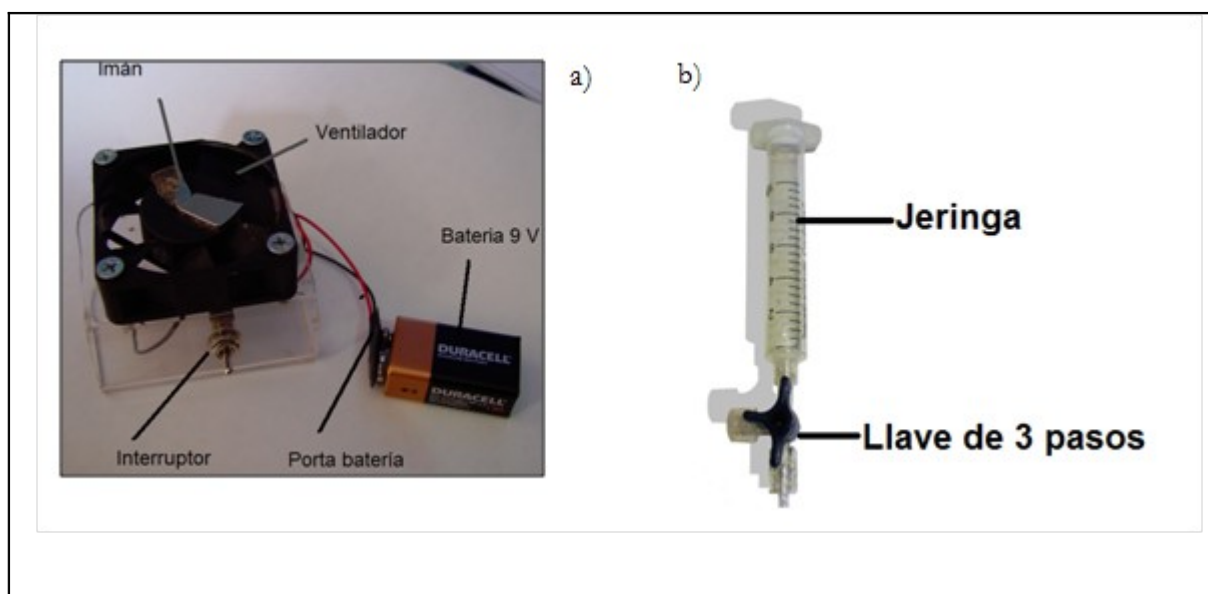


Figura 3. a) Agitador magnético construido con microventilador de computador. b) Bureta construida con una jeringa.

Experimento: Para esta experiencia, el estudiante debe preparar dos diluciones sucesivas de 25 mL de vino tinto en un matraz aforado de 250 mL (en su defecto puede utilizarse otro recipiente de vidrio como botellines de agua, frascos, vasos, etc). Posteriormente, se extraen 25 mL de la última dilución y se vierten en un matraz Erlenmeyer de 100 mL, al que se añaden 2 a 3 gotas de fenolftaleína como indicador. Este indicador se puede conseguir en farmacias en forma de pastilla (laxantes) pudiéndose disolver en alcohol para preparar el indicador. También puede utilizarse curry, ya que posee cúrcuma la cual se torna rojo en medio básico y amarillo en medio neutro (Heredia 2006).

Una vez preparada la disolución problema, el estudiante debe acondicionar una microbureta con 10 mL de disolución de NaOH 0,01M. Finalmente, utilizando el agitador magnético, el estudiante debe agregar gota a gota la disolución de NaOH hasta que el indicador indique un cambio de color (rosado), lo cual indica el punto de equivalencia (figura N°4).

Fundamento: Para los cálculos de los gramos de ácido en el vino, el profesor debe explicar que la acidez total se expresará como el ácido tartárico (C₄H₆O₆) (ácido mayoritario presente en vinos tinto) con una masa molar de 150,07 g/mol. De esta manera mediante la relación $Moles_{ácido} \times Volumen_{ácido} = Moles_{NaOH} \times Volumen_{NaOH}$, y el volumen gastado de solución patrón el estudiante puede calcular los moles de ácido contenido en la muestra problema. Para el cálculo final, se deben considerar los factores de dilución realizados en cada paso. Luego de haber calculado los moles de ácido, se pueden determinar los gramos mediante la relación $Moles_{ácido} = Masa_{ácido} (g) / Masa\ Molar_{ácido} (g)$. Para el cálculo de los gramos de ácido presentes en la muestra se recomienda que el docente presente la ecuación química a los estudiantes, haciendo énfasis en la razón estequiométrica ya que en la reacción de neutralización 1 mol de ácido reacciona con 2 moles de la base como se muestra en la ecuación de neutralización:

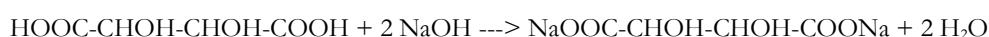


Figura 4. Determinación de la acidez total de un vino: a) Viraje del indicador “fenolftaleína” preparado a partir de laxantes. La titulación del vino tinto se realizó utilizando el equipo de valoración: bureta y agitador construidos con materiales de bajo costo.

En la tabla de a continuación se señalan los valores obtenidos para la titulación de vino tinto, los que según literatura deben estar entre los 2-6 g/L (Blasco, 2009).

Tabla 1. Volumen de NaOH utilizados para titular 1,8 g/L de ácido tartárico presente en el vino tinto

Volumen Muestra de vino	Volumen de NaOH 0,01M consumido	Moles gastados de NaOH	Cálculo 1º Dilución (Factor dilución 250mL/25mL= 10)	Cálculo 2º Dilución (Factor dilución 250mL/25mL= 10)	Moles de ácido por litro de vino	Gramos de ácido tartárico
25 mL	2,4x10 ⁻³ L	2,4 x 10 ⁻⁵ moles	2,4 x 10 ⁻⁴ moles	2,4 x 10 ⁻³ moles	0,012 moles	1,8 g/L

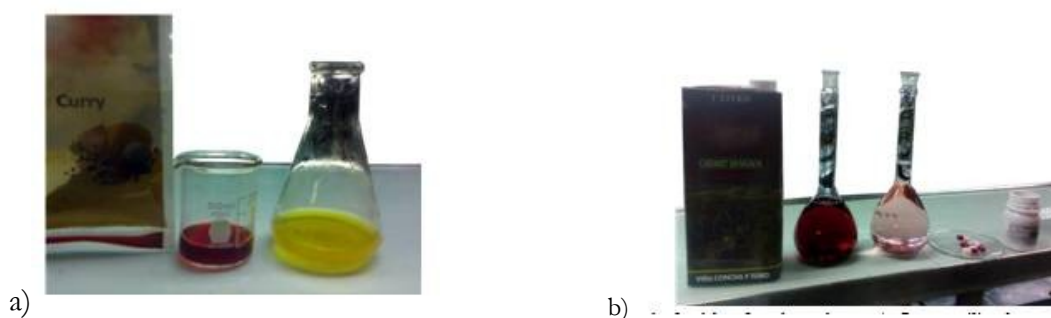


Figura 5. Reactivos caseros utilizados para la titulación de vino tinto: a) Curry utilizado para extraer la cúrcuma en etanol, tornándose rojo en medio básico y amarillo en medio neutro. b) Vino tinto y laxantes utilizados para determinar la concentración de ácido tartárico.

Curva de calibración: Determinación de ácido ascórbico en pastillas de vitamina C y jugos de fruta

La curva de calibración es un método analítico empleado para determinar la concentración de una sustancia presente (analito) en una muestra problema, a partir de la preparación de una serie de disoluciones que contienen distintas concentraciones de la misma sustancia que se desea determinar. El método de la curva de calibración resulta ser muy útil cuando se desconoce la concentración del reactivo valorante, por lo que no es posible aplicar la fórmula que se indicó en el experimento anterior cuando se determinó la acidez total presente en vinos. La razón por la que se usa mencionado método -a diferencia del experimento anterior- radica en que la concentración del reactivo valorante es desconocida, por lo que no se puede aplicar la fórmula general de las valoraciones $V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$.

La experiencia se inicia con la preparación de la curva de calibración, para lo cual se preparan varias disoluciones de distintas concentraciones a partir de una disolución de concentración conocida. En este experimento las disoluciones que darán origen a la curva de calibración se preparan a partir de una disolución patrón de ácido ascórbico. El método será aplicado para determinar la concentración de ácido ascórbico presente en pastillas de vitamina C o jugos de fruta y tiene como fundamento la capacidad antioxidante de la vitamina C frente a la povidona yodada, que actúa como agente oxidante. La reacción involucrada es de óxido – reducción.

Construcción de la curva de calibración: Se prepararon 5 disoluciones de ácido ascórbico de concentraciones 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 y 1 mg/mL disolviendo pastillas de vitamina C. Cada una de estas soluciones se tituló con una disolución de povidona yodada (puede ser adquirida en farmacias) añadiendo gota a gota hasta que la mezcla de reacción se torna de color café oscuro permanente. Cabe destacar que se debe tener la precaución de agitar regularmente con el agitador magnético. De esta manera, según los volúmenes consumidos povidona, se puede obtener la curva de calibración, tal como se indica en la figura 6.

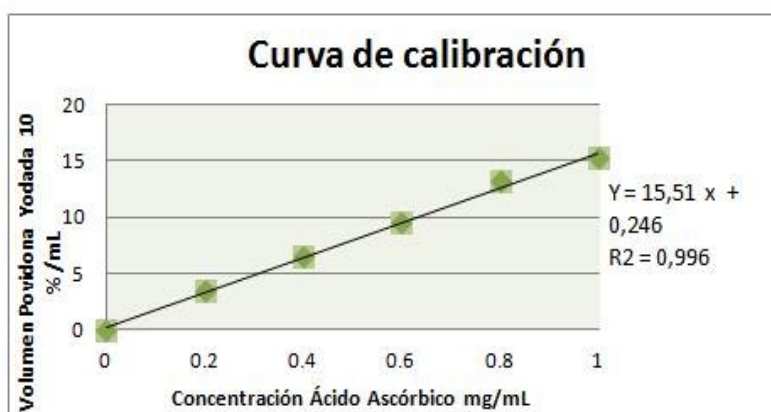


Figura 6. Curva de calibración: Concentración de ácido ascórbico v/s volumen de povidona yodada 10%. La ecuación de la recta obtenida fue $Y = 15,51X + 0,246$, $R^2 = 0,996$.

Experimento: Una vez construida la curva de calibración, el estudiante debe medir 50 mL de jugo comercial, zumo de naranja, piña o jugos de frutas de tonalidades claras (se recomiendan estos debido a la tonalidad de la povidona). Luego se añade gota a gota la disolución de povidona yodada y se determina el volumen consumido de povidona yodada. El volumen consumido en la reacción es equivalente a la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) presente en el jugo.

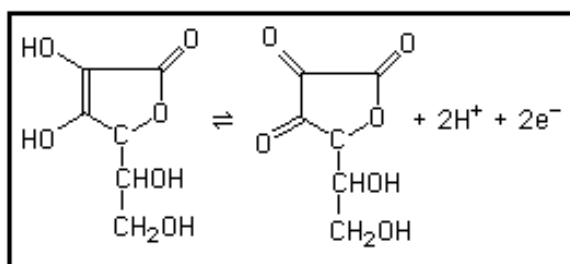


Figura 7. Reacción de oxido-reducción entre el yodo y el ácido ascórbico.

Fundamento: Resulta interesante que el profesor enfatice durante la actividad, la importancia del ácido ascórbico (vitamina C) en los sistemas redox que se realizan en nuestro organismo y donde la vitamina C actúa como un agente reductor que nos protege de agentes oxidantes perjudiciales para la salud. Esta propiedad del ácido ascórbico se debe a la capacidad reductora que tienen los átomos de carbono unidos por enlaces dobles presentes en la molécula. Estos son capaces de captar o ceder cation hidrógenos y electrones de manera reversible, desactivando a los agentes oxidantes como la povidona iodada (Repollo, et al., 2005).



Figura 8. Titulación de un Jugo comercial. Nótese el cambio de color de la disolución luego de ser titulada.

A partir de los resultados obtenidos y previa explicación del profesor, los estudiantes podrán comprender que el yodo es capaz de oxidar al ácido ascórbico formando ácido deshidroascórbico (la reacción global se muestra en la figura 7), por lo que al producirse el

punto final y agotarse la cantidad de ácido ascórbico, la primera gota de exceso que se añada a la solución la tornara de color amarillo, y de color marrón si se sigue añadiendo yodo (figura 8). Es así, como este punto al igual que en la valoración acido-base, permite determinar la cantidad de soluto en la muestra.

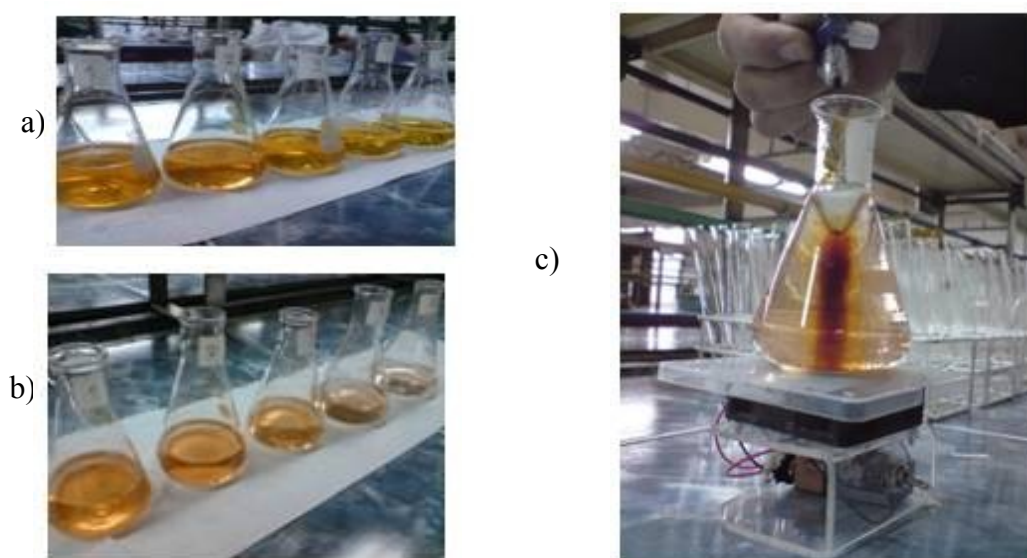


Figura 9. Soluciones patrones para la construcción de la curva de calibración, preparadas a partir de la disolución madre: a) disoluciones estándares antes de la valoración. b) disoluciones luego de la valoración. La decoloración de la vitamina C, y la inmediata coloración amarilla de la solución indican el término de la reacción. c) Equipo de valoración: bureta y agitador magnético.

Conclusiones

El desarrollo de actividades experimentales en el aula o laboratorio de Química resulta interesante y estimulante para los estudiantes, pues permiten relacionar los conceptos químicos con su observación práctica de manera didáctica y científica. Es así, como los experimentos de bajo costo y a microescala, que consideran la construcción del material de laboratorio por los propios estudiantes, puede contribuir a desarrollar la creatividad y fomentar un aprendizaje significativo de la química (Bueno, 2004).

Cada una de las actividades aquí presentadas permiten relacionar la teoría, con el medio en el cual se desenvuelve el estudiante, mediante la integración de elementos cotidianos, tales como jeringas, vino, jugos, agua, etc. Finalmente, con estas actividades se demuestra que el profesor puede desarrollar experimentos de bajo costo, sin necesidad de contar con un laboratorio bien equipado, ni reactivos de alta pureza.

Referencias

- Baeza, A. (2003). Microbureta a microescala total en titulometría. *Revista chilena de educación científica*. 1 (3): 4-7.
- Blasco, L. (2009). *Aplicación de las técnicas fish, PCR específica 16S-Ardrá al estudio de la población bacteriana asociada al proceso de vinificación*. Tesis doctoral. España. Universitat de València.

- Bueno, E. (2004). Aprendiendo Química en casa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 1 (1): 45-51.
- Dezuari, O., Gilbert, S., Belloy, E., & Gijis, M. (1999). Development of a novel printed circuit board technology for inductive device applications. *Sensors and Actuators*, 76, 349-355.
- Doria, M. (2009). *Experimentos de química en microescala para nivel medio superior* (1ª ed). México D.F. Universidad Iberoamericana.
- Flores, J., Caballero, M. y Moreira. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*. 33 (68): 75-111.
- Heredia, S. (2006). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (001), 89-103.
- Merino, J. y Herrero, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de las Ciencias*. 6 (3): 630-648.
- Repollo, C., Hernández, V., Carrieri, R., Viera, M., Salhá, B., Sansone, S., y otros. (2005). Vitamina C: Una estrategia didáctica polifuncional. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 133-140.
- Roesky, H. (1997). Chemistry “en Miniature”. *Journal of Chemical Education*, 74 (4), 399-400.
- Tundo, P., & Esposito, V. (2006). *Green Chemical Reaction*. Lecce: Springer.