

## Experimento de química para el estudio de las reacciones ácido-base y oxidación-reducción con alumnos de bachillerato

M.<sup>a</sup> Carmen Guillén Miró

*El presente trabajo ha recibido el premio Salvador Senent otorgado por el grupo de Didáctica e Historia de la Química de la RSEQ*

**Resumen:** El presente trabajo es un proyecto de innovación educativa y un experimento de Química que se ha llevado a cabo con alumnos de Bachillerato. Ha consistido fundamentalmente en la determinación de parámetros característicos, tales como acidez, azúcares reductores, vitamina C, índice de formol, contenido en zumo y en pulpa de los frutos cítricos más representativos de nuestra Región de Murcia. Ha servido para el estudio de ácidos y bases, reacciones de hidrólisis, y procesos redox. También se han realizado volumetrías de oxidación-reducción y se ha medido la variación del potencial del medio con el pH.

**Palabras clave:** Índice de formol, vitamina C, hidrólisis, volumetrías de oxidación-reducción.

**Abstract:** The present paper is an educative innovation project and an experience of Chemistry which has been carried out by students of a high school. They have determined characteristic parameters of citrus fruits, such as acidity, sugars, vitamin C, formol index, percentage of juice and flesh. Moreover this experience has been useful for studying acids and bases, hydrolysis reactions, pH, redox processes and also for measuring the variation of juice potential with pH.

**Keywords:** Vitamin C, formol index, hydrolysis, reduction and oxidation processes.

### 1. Introducción

Este trabajo ha sido concebido como una experiencia para que los alumnos de Bachillerato pudieran disfrutar de una química activa, alejando de ellos la idea de peligrosidad de los reactivos químicos y fomentándoles el espíritu crítico que debe acompañar a toda actividad científica.

En general, en Bachillerato el uso de los laboratorios es a menudo difícil por la imposibilidad de encajar las prácticas en los rígidos horarios oficiales. Con esta experiencia, se pretende demostrar cómo en Química es posible durante todo el curso escolar, realizar prácticas breves, que no exigen preparación excesivamente compleja y por supuesto carentes de peligrosidad. También ha servido para poner al alumno en contacto con las manipulaciones químicas, observando "in situ" la realidad que se estudia en los libros y concienciarlo de la utilidad de la asignatura en el análisis de sustancias.

### 2. Objetivos

Los objetivos didácticos que se pretendían alcanzar son los siguientes:

- Conectar la actividad del aula con el medio natural del entorno en cuanto al conocimiento de la composición principal de ciertos alimentos básicos.
- Fomentar en el alumnado el estudio crítico de la actividad científica.
- Establecer comparaciones entre los resultados obtenidos, al analizar un mismo parámetro en materiales diferentes.
- Estimular a los alumnos a que investiguen por sí mismos, busquen bibliografía y amplíen las determinaciones efectuadas.



M. C. Guillén

Departamento de Física y Química del I.E.S. Rector Fco Sabater de Cabezo de Torres ( Murcia )

C-e: [carmen.guillen2@educarm.es](mailto:carmen.guillen2@educarm.es)

Recibido: 08/01/2008. Aceptado: 16/05/2008.

- Demostrar la utilidad de la Química en el estudio del mundo que nos rodea, desmitificando los peligros de esta apasionante ciencia y dignificando la importante labor que los químicos desarrollan.

- Estudiar detalladamente ciertas reacciones ácido-base así como el mecanismo de los indicadores utilizados.

- Interpretar gráficas de valoración ácido-base.

- Comprender el significado de los términos fuerte y débil de los ácidos y bases e identificar razonadamente pares conjugados en diferentes reacciones realizadas.

- Reconocer en las diferentes reacciones realizadas el oxidante y reductor, los pares redox conjugados, la utilidad de los potenciales estándar y la evolución de los mismos con el pH.

### 3. Grado de consecución

En el presente trabajo se ha hecho un estudio exhaustivo de las reacciones de ácidos y bases y de los procesos de oxidación-reducción, que era el objetivo primordial del mismo. En este sentido se puede afirmar que los objetivos se han cumplido correctamente, que la experiencia ha sido positiva, y que los alumnos han podido disfrutar de una química activa tal y como se pretendía. Han desarrollado el sentido de la observación y de la rigurosidad científica, ya que cuando algún resultado no era muy correcto o alguna de las medidas efectuadas se desviaba de los límites adecuados se volvía a repetir.

Como contrapartida, hay que destacar el hecho de que al existir tan solo un pH-metro/potenciómetro alguna sesión práctica se ha ralentizado, ya que este instrumento de medida tenía que rotar de grupo en grupo y este retraso se ha tenido que recuperar en la siguiente sesión.

Hay que destacar que las siete sesiones programadas se han llevado a cabo correctamente, los alumnos han trabajado mucho y muy bien, los resultados científicos son acordes con los datos que aporta la bibliografía, y, desde el punto de vista didáctico, se han reforzado los conocimientos teóricos que se explican en clase y se han adquirido destrezas manipulativas con el material de laboratorio.

### 4. Determinaciones

Se han llevado a cabo las siguientes determinaciones experimentales:<sup>[2]</sup>

Mediante una licuadora se ha extraído el zumo de los dife-

rentes frutos. Una parte de este zumo se filtra para analizar los azúcares, el índice de formol, la vitamina C. Sobre otra parte sin filtrar se determina la acidez, el pH y el porcentaje en pulpa. El contenido en zumo y pulpa se expresan en porcentaje en peso respecto del zumo total sin filtrar.

#### 4.1

Las medidas de pH se han efectuado sobre una porción de zumo sin filtrar empleando un pH-metro Crison, modelo 507. Con ayuda de este instrumento, se ha medido también el potencial del medio.

#### 4.2 Acidez

El contenido en acidez de los zumos cítricos se mide determinando la cantidad de NaOH necesaria para neutralizar el ácido existente en un cierto volumen de zumo. El punto de equivalencia, que se alcanza a pH = 8,1, se observa por el viraje del indicador fenolftaleína. La acidez se expresa como porcentaje del ácido presente en grandes cantidades. Para los zumos cítricos se expresa en porcentaje en peso de ácido cítrico presente en el zumo filtrado. Se relacionó este porcentaje con el pH del zumo en cuestión, estableciendo una comparación entre los diferentes zumos de los cítricos estudiados.

#### 4.3 Contenido en pulpa

Para determinar el contenido en pulpa se ha utilizado una centrifugadora modelo Centrosix con dispositivo de seguridad y temporizador de 0 a 30 minutos. La centrifugación dura 10 minutos aproximadamente. La velocidad de la centrífuga es función del diámetro efectivo. Se ha efectuado esta operación sobre 10 mL de zumo sin filtrar, al término de la misma se ha medido el volumen de zumo centrifugado y por diferencia se calcula la cantidad de pulpa depositada en el fondo. Ambos resultados se expresan en tanto por ciento en peso respecto del zumo total.

#### 4.4 Vitamina C

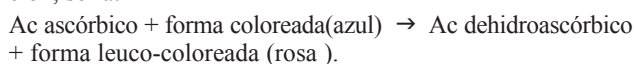
Para realizar esta determinación se han utilizado los siguientes reactivos:

- Disolución de ácido metafosfórico-acético (30g de ácido metafosfórico, 80 mL de ácido acético glaciar y agua destilada hasta 100 mL).
- Disolución de colorante (50 mg de sal sódica del 2,6 diclorofenol-indofenol, 40 mg de carbonato ácido de sodio y agua destilada hasta 200 mL).
- Disolución patrón de ácido ascórbico (100 mg de ácido ascórbico y agua destilada hasta 100 mL).

El procedimiento experimental ha sido el siguiente: Se añaden 5 mL de ácido metafosfórico-acético a 2 mL de disolución recién preparada de ácido ascórbico, que contenga 50 mg/100mL, y se valora rápidamente con el colorante hasta la aparición de un débil color rosa estable.

Para valorar la muestra se diluyen 10 mL de zumo a 100mL y de aquí se toman 2 mL, se añaden 5 mL de ácido metafosfórico-acético, se realiza la valoración con la disolución del colorante hasta la aparición de un débil color rosa debido a la reducción por el ácido ascórbico. La reacción que es cuantita-

tiva y prácticamente específica para esta sustancia en disolución, sería:



Los alumnos realizaron los cálculos de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

Disolución patrón de ascórbico  $V_p \cdot M/1000 = g \text{ de ascórbico} / M$   
 Disolución problema de zumo  $V_m \cdot M/1000 = g \text{ de Vit C} / M$   
 $V_p =$  volumen de la disolución patrón y  $V_m =$  volumen de la disolución de muestra

Se calculan de esta forma los gramos de vitamina C del zumo en cuestión. Los resultados se expresan en mg/100 mL de zumo.

#### 4.5 Índice de formol

Esta determinación se basa en la formación de compuestos ácidos al reaccionar el formaldehído sobre los aminoácidos neutros de los zumos cítricos. Los reactivos que se han utilizado son:

- Disolución de NaOH 0,1 N y 0,25 N
- Disolución de formaldehído al 35 %

Sobre 10 mL de zumo filtrado y diluido, se añade gota a gota la cantidad de NaOH 0,25 N necesaria para que el pH de la mezcla quede situado entre 6 y 7. Posteriormente se añade NaOH 0,1 N hasta alcanzar un pH = 8,1. A continuación se añaden 10 mL de formaldehído que han sido previamente ajustados a pH 8,1 y se efectúa una nueva valoración con la ayuda del pH-metro. La cantidad de disolución de NaOH 0,1 N utilizada, expresada en mL de este compuesto y referida a 10 mL de zumo, es el índice de formol de la muestra analizada.

En esta determinación se estudiaron y repasaron los grupos funcionales de las sustancias que intervienen.

#### 4.6 Azúcares

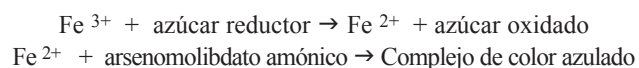
Esta determinación se realizó cuantitativamente y cualitativamente. Para la determinación cuantitativa se ha utilizado un colorímetro portátil modelo 4002, provisto de cinco filtros y se ha medido la absorción de la muestra a 515 nm. Los reactivos utilizados han sido:

- Disolución A (160 g de carbonato de sodio anhidro, 150 g de hidrógeno fosfato de sodio heptahidratado, 4 g de hexaciano hierro III de tripotasio y agua destilada hasta 1 litro).
- Disolución de arsenomolibdato amónico (25 g de molibdato amónico tetrahidratado, 3 g de hidrogenoarseniato de sodio, 20 mL ácido sulfúrico concentrado, agua destilada hasta 500 mL).
- Ácido sulfúrico al 5% en volumen.

El procedimiento seguido fue: se añaden 1 mL de zumo de frutos, 6 mL de la disolución A en tubo de ensayo y se calienta suavemente al baño María durante 10 minutos. Se enfría, se añaden 10 mL de sulfúrico al 5% y 4 mL de arsenomolibdato amónico, se lleva a un matraz de 100 mL y se completa el volumen con agua destilada. Posteriormente se mide la absorción a 515 nm.

Con esta prueba se ha estudiado la acción de los azúcares reductores (glucosa y fructosa) sobre el  $Fe^{3+}$  presente en la disolución A. En caliente, a  $100^{\circ}C$  y durante 10 minutos ambos azúcares se oxidan en la misma proporción y el  $Fe^{3+}$  se reduce a  $Fe^{2+}$ , al añadir arsenomolibdato se produce un complejo de color verde-azulado, cuya intensidad de color es proporcional a la cantidad de azúcar.

Las reacciones que tienen lugar son:



La cantidad total de azúcares reductores contenidos en la muestra se ha calculado, haciendo uso de la expresión:  $A = D \cdot L / 0,331$  ( métodos oficiales de análisis de la A.O.A.C. )<sup>[2]</sup> en donde:

$A$  = azúcares reductores totales,  $L$  = lectura de la absorción,  $D$  = factor de dilución.

Esta prueba se realizó también cualitativamente utilizando el licor de Fehling,<sup>[3]</sup> formado por dos disoluciones: A (70 g de sulfato de cobre (II), 5  $H_2O$  y agua destilada hasta 1 litro de disolución). B (350 g de tartrato de sodio y potasio, 100 g de hidróxido de sodio y agua destilada hasta 1 litro de disolución). Este método consiste en la reducción por el azúcar de los iones  $Cu^{2+}$  a  $Cu^+$ . En medio básico los iones  $Cu^+$  forman un precipitado de óxido de cobre (I) de color rojo ladrillo. Se realizó la prueba sobre los diferentes zumos de frutos y sobre glucosa pura. La reacción que tiene lugar es la siguiente:



En medio básico se forma un precipitado rojo de  $Cu_2O$ .

## 5. Metodología y resultados

La metodología científica empleada se ha basado en dos aspectos fundamentales: a) determinación de datos experimentales. b) interpretación de estos datos y ordenación de los mismos de forma coherente, rigurosa y sistemática.

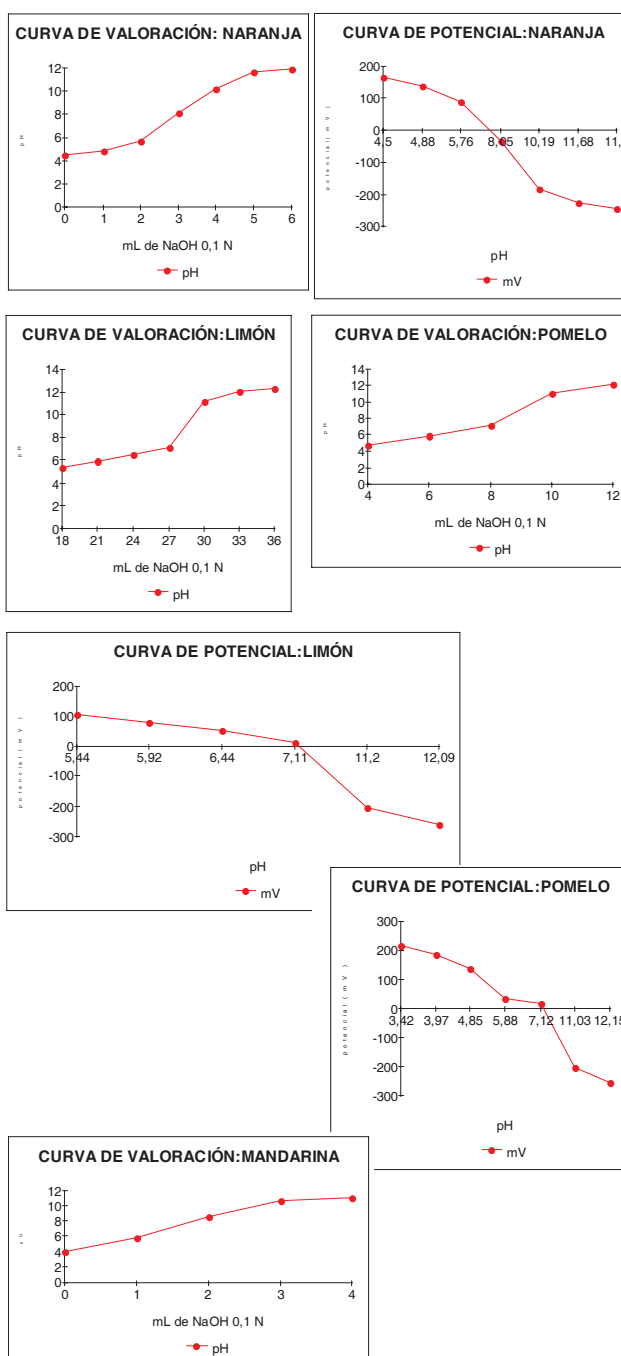
La metodología pedagógica se ha planteado de acuerdo con los contenidos desarrollados y los objetivos prefijados, de forma que el alumno desarrolle una serie de capacidades que se detallan a continuación:

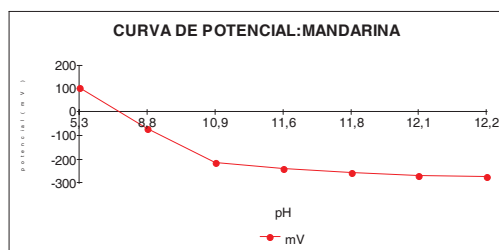
- Observación.
- Manejo de técnicas y operaciones de laboratorio.
- Reconocimiento de la precisión del trabajo en laboratorio.
- Recopilación de datos para la obtención de parámetros característicos de los frutos estudiados.
- Comunicación de resultados obtenidos y puesta en común de los mismos con el resto de alumnos de la clase.
- Interpretación de resultados y valoración de los mismos.
- Juicio crítico sobre los datos obtenidos.
- Realización e interpretación de gráficas.

A continuación se exponen los resultados de los análisis que se han realizado sobre los diferentes frutos.

	NARANJA	LIMÓN	POMELO	MANDARINA
Zumo(%)	47,1	54,7	51,1	41,6
Pulpa(%)	5,9	4,7	4,4	18,3
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,05	1,03	1,05	1,09
pH	3,6	2,5	3,0	4,0
Acidez(%)	1,9	6,3	2,7	1,6
Vit C (mg/100mL)	50,2	37,6	38,9	43,9
Azuc Red(%)	2,2	1,5	1,6	2,4
I.F(mLNaOH 0,1N/10mL zumo)	0,9	2,3	1,5	2,0

Las gráficas siguientes muestran la variación del pH y del potencial de los diferentes zumos al añadir NaOH 0,1 N





## 6. Conclusiones

Este experimento realizado sobre frutos cítricos ha sido, como ya se ha expuesto en párrafos anteriores, útil para el estudio de una química activa en la que se han utilizado diversas sustancias, se han estudiado sus reacciones químicas, y se han aplicado al conocimiento de nuestro entorno ambiental. Se pretendía entre otras cosas reivindicar la química como asignatura especialmente formativa, alejando los defectos con los que frecuentemente se enseña química: abuso de ejercicios de formulación, aprendizaje de memoria de leyes, estudio de estructuras que no corresponden a la realidad, sofisticados procesos de oxidación-reducción que a veces tampoco se dan en la práctica.

Se han cumplido los objetivos conceptuales propuestos, en cuanto a una correcta y diferenciada comprensión de los conceptos de ácido-base, así como de su fuerza o debilidad relacionándolos con su disociación y estructura. Al conocimiento de este tipo de sustancias por su comportamiento en disolución, de la escala de pH y de los indicadores y su mecanismo de actuación, relacionándolos con la teoría y experimentación volumétrica. Se ha relacionado la acidez de los diferentes zumos cítricos con el pH, estableciendo comparaciones entre ellos, igualmente se ha hecho con el contenido en azúcares reductores.

Se ha podido estudiar el concepto de potencial y su relación con el pH del medio. Se han estudiado reacciones de oxidación-reducción, haciendo una distinción entre oxidantes y reductores. También se ha hecho hincapié sobre la energía asociada a las reacciones químicas.

Se han realizado gráficas y cálculos por parte de los alumnos, que han trabajado correctamente, con dedicación, puntualidad y orden. La siguiente fotografía muestra un momento de su trabajo.



Con este experimento se pretendía contribuir a la mejor formación del alumno y a su iniciación en el trabajo de investigación científica. Han utilizado las curvas de valoración por ellos obtenidas para la determinación del punto de equivalencia por el método gráfico.

Hemos puesto de manifiesto nuevamente la importante conexión entre estas dos ciencias experimentales, la Física y la Química, en el empleo del fotolorímetro para estudiar la absorción de la muestra a una longitud de onda determinada, relacionándola con la concentración de dicha muestra.<sup>[2]</sup>

Se ha aprovechado para el estudio de los grupos funcionales de las sustancias orgánicas, que intervienen en los procesos utilizados, y también para valorar la importancia en la alimentación humana de determinadas sustancias presentes en los zumos estudiados.

Desde el punto de vista científico ha servido para constatar resultados con las aportaciones bibliográficas existentes sobre este tema.<sup>[2]</sup> En este sentido hay que destacar que los resultados de los análisis efectuados concuerdan con los datos obtenidos por diferentes investigadores sobre el tema de los cítricos.<sup>[1]</sup>

Este trabajo aporta a los alumnos de Bachillerato, tan próximos a llegar a las aulas universitarias, donde deberán enfrentarse a complicadas prácticas, manejo de material instrumental etc, una cierta seguridad con la confianza de un trabajo bien realizado y a conciencia.

## Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a la Consejería de Educación, Ciencia e Investigación de la Región de Murcia, a la Dirección General de Innovación Educativa por la ayuda económica que nos ha facilitado la posibilidad de llevar este proyecto a la práctica. También nuestra consideración al Centro de Profesores y Recursos nº 1 de Murcia, por la supervisión del mismo y al grupo de Didáctica e Historia de la Química de la Real Sociedad Española de Química que nos ha otorgado el Premio " Salvador Senent".

## Bibliografía

- [1] O. Carpena, F. Romojaro y A. León, *Composición mineral del zumo de limón murciano*. Memoria I.O.A.T.S. **1973**.
- [2] M. C. Guillén Miró, *Aspectos biológicos y tecnológicos de la conservación de limón*, Tesis Doctoral, Cebas, Murcia. **1978**, 401-413.
- [3] American Chemical Society, *Química un proyecto de la ACS*. Reverté, Barcelona **2005**.