

ELABORACIÓN DE PAPEL INDICADOR A BASE DE EXTRACTOS NATURALES: UNA ALTERNATIVA FUNDAMENTADA EN EXPERIENCIAS DE LABORATORIO PARA EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE pH

Jaime Augusto Casas Mateus, Herbert Javier Castillo Daza, Juan Manuel Noy Hilarión,
Adriana Natalia Palomares Parada, Rubí Liliana Rodríguez Valbuena

(jcасas@pedagogica.edu.co)¹ (hejaca70@hotmail.com)² (juanchisquim@yahoo.es)³
(adnata_07@hotmail.com)⁴ (rubililianaquimica@hotmail.com)⁵

[Recibido en Julio de 2008, aceptado en Noviembre de 2008]

RESUMEN (Inglés)

El siguiente artículo se encuentra enmarcado en experiencias de laboratorio que se orientan desde diagramas de flujo muy sintéticos e ilustrativos, que promueven un acercamiento al concepto estructurante de pH, y su relación con el comportamiento ácido-base y las soluciones buffer. Para la enseñanza de dichos conceptos, se efectuó la elaboración y estandarización de tres tipos de papel indicador de pH, utilizando sustancias naturales, tales como la col lombarda, los pétalos de rosa roja y el curry, insumos de fácil consecución y cuyo comportamiento químico permite la consolidación de este tipo de conceptos estructurantes, aspecto que fue evidenciado en su posterior aplicación a una serie de sustancias de uso cotidiano, en diversos rangos de la escala de pH, lograda desde una colección de soluciones amortiguadoras preparadas por los estudiantes.

Palabras clave: Experiencia de laboratorio; concepto estructurante; pH; comportamiento ácido-base; soluciones buffer, papel indicador.

INTRODUCCIÓN

Emplear los trabajos prácticos de laboratorio como estrategia de enseñanza de la química (Molina *et al*, 2006), permite contrastar las hipótesis del estudiante y las del profesor al requerir que ambos tengan dominio en el manejo instrumental, en la precisión y en la exactitud de los resultados obtenidos; por otra parte, el trabajo de laboratorio continuo da pie a la necesidad de criterios de rigurosidad claros para la labor experimental (comprensión de contenidos, establecimiento de relaciones conceptuales, planificación de actividades, interacción entre teoría y práctica)

¹ Q. F. Magíster en Educación. Docente Tiempo Completo. Dpto. de Química. Universidad Pedagógica Nacional

² Lic. en Biología U. del Cauca. Candidato a Magíster en Docencia de la Química Universidad Pedagógica Nacional

³ Lic. en Química U. Distrital. Candidato a Magíster en Docencia de la Química Universidad Pedagógica Nacional

⁴ Lic. en Química U. Pedagógica.N. Candidata a Magíster en Docencia de la Química Universidad Pedagógica Nacional

⁵ Lic. en Química U. Distrital. Candidata a Magíster en Docencia de la Química Universidad Pedagógica Nacional

constituyéndose en una herramienta motivadora para el estudiante, al generar actitudes científicas y de aprendizaje significativo, en cuanto a la asimilación del conocimiento científico.

Algunos docentes de ciencias asumen la práctica de laboratorio en forma lineal, en donde: 1) Se realiza una explicación previa, 2) Se desarrolla el trabajo experimental limitado por el tiempo de asignación académica, 3) Se evalúa el informe de laboratorio en cuanto a su presentación, procedimientos seguidos, resultados expresados y conclusiones establecidas, más no del aprendizaje obtenido por el estudiante, quien manifiesta una serie de dificultades en la conceptualización, precisamente por la estrategia metodológica transmisionista empleada (Molina *et al*, 2006), en la cual no se evidencia una relación directa entre el constructo teórico y la actividad experimental. Dado lo anterior, resulta pertinente implementar otros enfoques de trabajo al interior del laboratorio, en donde se motive al estudiante a articular conceptos químicos con fenómenos o propiedades de materiales e insumos de uso frecuente, lo que implica la integración de la teoría con la práctica desde el contexto. A partir de esta óptica, se promueve la proyección de la perspectiva aplicativa que inunda de sentido y re-estructura el trabajo de laboratorio, favoreciendo el aprendizaje y la interiorización de conceptos.

Además de lo anterior, se ha observado para el nivel de secundaria, que el manejar materiales y aparatos complicados genera desinterés en los estudiantes, (Bueno, 2004). Por el contrario, el emplear instrumentos y materiales de uso cotidiano favorece la apreciación de fenómenos químicos del contexto del estudiante, permitiéndole desarrollar su capacidad creativa, la observación y la práctica de procedimientos científicos. Todo esto, además de ser económico, facilita la experimentación individual y grupal.

De acuerdo con esto, se propone desarrollar una experiencia de laboratorio para estudiantes de décimo grado de educación media, cuyas edades oscilan entre los 15 y 17 años de edad, en donde se tiene la posibilidad de elaborar una tira reactiva para "medir" el pH de cualquier sistema, a partir de extractos naturales de col lombarda y pétalos de rosa roja, como una forma de empleo de las antocianinas y el curry como aplicación de las curcuminas, para luego estandarizarlos empleando tiras de papel de filtro, por comparación de intervalos de pH a partir de soluciones tampón elaboradas a base de mezclas reaccionantes de ácido fosfórico, hidróxido de sodio y ácido clorhídrico, buscando las transiciones de pH respectivas en una escala de 1 a 14. Con lo anterior se pretende contextualizar el aprendizaje de la química en el manejo de sustancias cotidianas, estableciendo parámetros de rigurosidad experimental. (Molina *et al*, 2006).

Además, resulta interesante abordar las teorías del pH a partir de la asimilación de conceptos fundamentales, tales como el de indicador, amortiguador, escala de pH, acidez, basicidad y neutralidad. De igual manera se pretende realizar una comparación con las escalas planteadas por Heredia (2006) y con la escala general establecida para el papel indicador universal.

LOS EXTRACTOS NATURALES EN LA DETERMINACIÓN DEL pH

A nivel químico, se han sintetizado sustancias orgánicas que al contacto con otras de características ácidas o básicas, reaccionan produciendo coloraciones específicas.

Comercialmente se encuentran sustancias que reaccionan produciendo color en rangos de pH específicos, como los relacionados en la tabla 1.

INDICADOR	Rango de pH	Color	
		Acido	Básico
Amarillo de metilo	2,9 – 4	Rojo	Amarillo
Fenolftaleína	8 – 10	Incoloro	Violeta
Rojo de metilo	4,2 – 6,2	Rojo	Amarillo
Rojo de fenol	6,4 - 8	Amarillo	Rojo
Tornasol	4,5 – 8	Rojo	Azul

Tabla 1. Algunos indicadores con su respectivo rango de viraje y color producido (Briceño y Rodríguez, 1997).

Además de los anteriores indicadores, existen otros que no son usados comercialmente y que se obtienen a partir de materiales vegetales como la col lombarda, los pétalos de rosa y el curry, aprovechando el cambio de viraje que sufren al contacto con sustancias de carácter ácido o básico. Las sustancias responsables de la variación del color son las antocianinas y curcuminas presentes en los materiales empleados como indicadores.

ANTOCIANINAS

Las antocianinas son un grupo de pigmentos hidrosolubles ampliamente distribuidos en el reino vegetal, cuyo color puede variar del rojo al azul, pasando por una amplia gama de tonalidades. En general, dichas sustancias adquieren un color rojo en medio ácido y cambian de color a azul oscuro cuando el pH se hace básico, pasando por el color violeta.

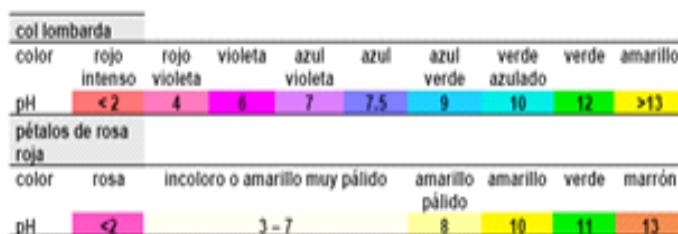


Tabla 2.- Dependencia del color del extracto de col lombarda y de los pétalos de rosa con el pH (Heredia, 2006).

En la tabla 2 se muestran las variaciones de color producidas por la presencia de antocianinas en los extractos de col lombarda y pétalos de rosas rojas

respectivamente, al momento de determinar el pH en sustancias acidas, básicas o neutras.

CURCUMINAS

La Curcumina es un colorante natural procedente de la *cúrcuma*, especia obtenida del rizoma de la planta del mismo nombre cultivada principalmente en la India y utilizada desde la antigüedad para diversas aplicaciones. El principio activo de la *cúrcuma* es el polifenol curcumina (responsable de su color amarillo). La especia es un componente fundamental del curry, al que confiere su color intenso característico.



Tabla 3.- Relación entre el pH y el color del extracto de cúrcuma o curry (Heredia, 2006).

EL PAPEL INDICADOR UNIVERSAL

El indicador universal es una tira de papel impregnada de una mezcla de indicadores que dan como resultado un color preciso para ciertos valores de pH, por lo que se puede medir en una disolución sin más que comparar el color obtenido al añadir una gota de disolución con el de referencia que viene en la caja, como la que se observa en la figura 1.



Figura 1.- Escala indicador universal Zumdahl, 1992),

SOLUCIONES AMORTIGUADORAS:

Una solución amortiguadora, buffer o reguladora de pH es aquella que mantiene un valor de pH en rangos estrechos, aún bajo pequeñas adiciones de ácidos o bases fuertes. Este tipo de soluciones es importante, debido a su presencia en sistemas naturales, tales como los fluidos sanguíneos, los alimentos y medicamentos, entre otros. En esencia, un buffer está constituido por un sistema de pares compatibles de la misma 'familia' de un electrolito débil. (Harris, 2001)

Para esta práctica, su importancia radica en que permiten mantener un valor de pH aproximadamente constante, lo que asegura la validación de la metodología en la medida que estabiliza los sistemas, para poder comparar los valores obtenidos en la

tira reactiva comercial, con aquellos encontrados con la tira de papel indicador preparado.

MÉTODOLOGÍA

En el siguiente esquema (figura 2) se presenta la estructura metodológica general a desarrollar, dividida en cuatro aspectos, que comprenden desde la preparación de los indicadores a partir de extractos naturales, hasta la aplicación de los mismos.

Al finalizar cada uno de los esquemas aparecen algunos interrogantes que serán abordados por los estudiantes al momento de realizar la práctica, con el fin de corroborar la comprensión del proceso mediante la formulación de sus propias hipótesis.

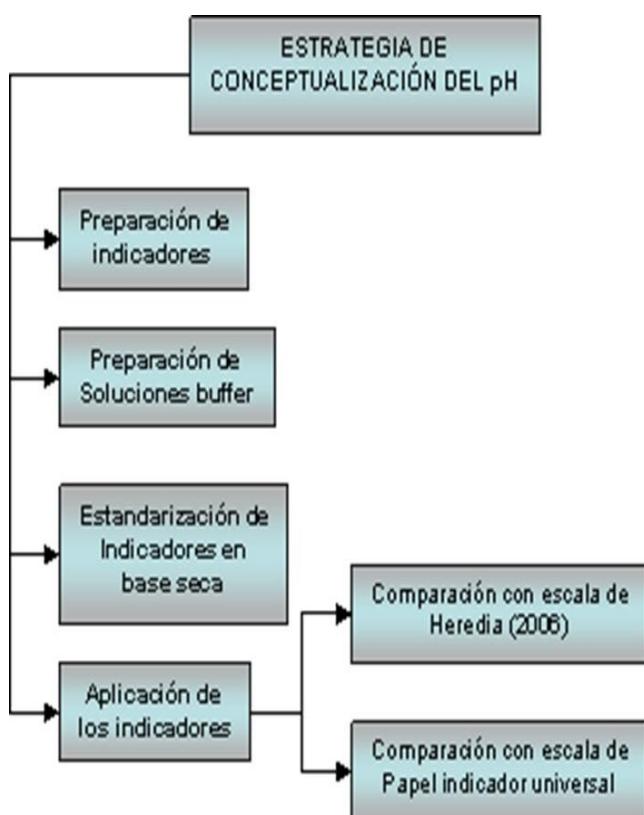


Figura 2. Estructura metodológica general

Preparación de indicadores

Se elaborarán tres indicadores naturales a partir de col Lombarda, rosas rojas y curry. Es importante tener en cuenta que tanto las hojas de col como los pétalos de rosas seleccionados sean los de mayor coloración. En el siguiente esquema (figura 3), se observan con claridad el procedimiento a seguir, para tratar las muestras y obtener los indicadores.

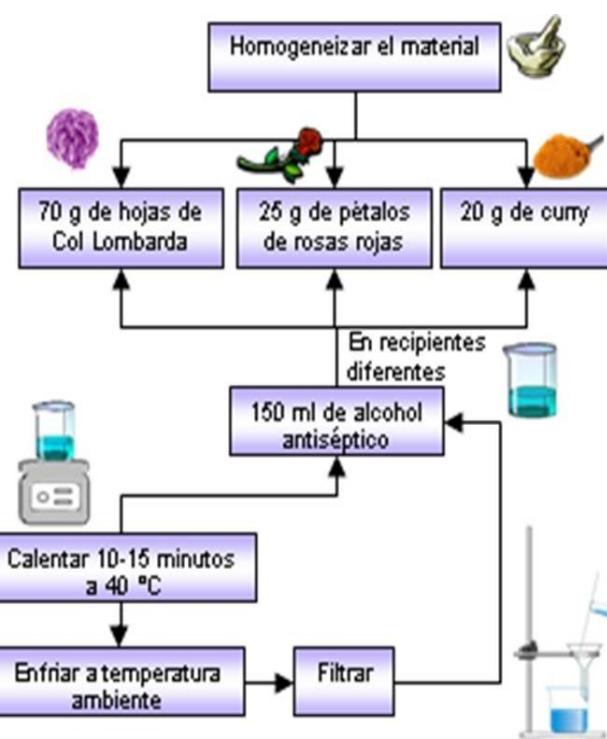


Figura 3. - Procedimiento para obtención de indicadores en base alcohólica.

* Si se reemplazara el alcohol por otro solvente, ¿Qué ocurriría con el indicador?, ¿Qué solvente emplearía y por qué?

Preparación de soluciones buffer

Para el desarrollo de ésta práctica, se utilizará la reacción entre el ácido fosfórico y el hidróxido de sodio, ya que con base en las proporciones relativas de ellos, se puede abarcar un espectro de pH que fluctúa entre 2,0 y 12,5 aproximadamente, generando los pares $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{PO}_4^-$, $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$, o $\text{HPO}_4^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$, para tres sistemas buffer, a saber: ácidos, neutros y alcalinos.

En la tabla 4 se registran los volúmenes empleados para la elaboración de las soluciones amortiguadoras, que se utilizan en la estandarización del papel indicador. Todas las soluciones se aforan a 25mL.

Nº	pH	HCl 2M	H_3PO_4 2M	NaOH 2M	NaOH 5M
1	1,00	5 mL			
2	2,12		5 mL	2,5 mL	
3	3,41		5 mL	3,75 mL	
4	4,70		5 mL	5 mL	
5	5,95		5 mL	6,25 mL	
6	7,21		5 mL	7,5 mL	
7	8,50		5 mL	8,75 mL	
8	9,80		5 mL	10 mL	
9	11,06		5 mL	11,2 mL	
10	12,32		5 mL	12,5 mL	
11	13,5				5mL

Tabla 4.- Soluciones Buffer.

1. ¿Qué relación encuentra entre los volúmenes planteados en la tabla 4 y el pH de las soluciones buffer?
2. ¿Por qué se recomienda aforar las soluciones a un mismo volumen?

Estandarización de indicadores en base seca

Para preparar el papel indicador, se cortan tiras de papel filtro, que se sumergen cada una en uno de los indicadores elaborados en la parte 1 y se dejan secar a temperatura ambiente.

Cuando las tiras están secas, se sumergen en las soluciones buffer preparadas en el punto 2 y se dejan secar nuevamente, obteniendo una escala patrón para cada uno de los indicadores.

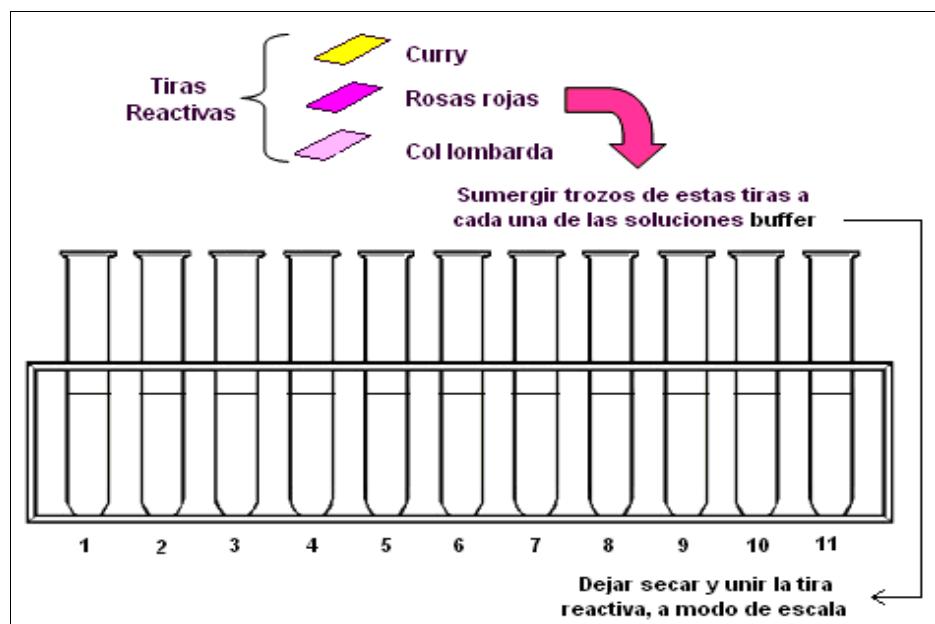


Figura 4. - Procedimiento para la preparación de tiras reactivas

* Un estudiante que estaba realizando esta práctica, tomó por curiosidad una tira de papel filtro y la humedeció con los tres indicadores, antes de sumergirla en las soluciones buffer. ¿Qué supone sucederá al emplearla?

Aplicación de los indicadores

Medición del pH de sustancias caseras

Existen varias sustancias ácidas en los productos que usamos habitualmente. Así, por ejemplo, en frutas como limón o naranja encontramos ácido cítrico, en el vinagre tenemos ácido acético, en las baterías de coches, ácido sulfúrico. De igual manera, es frecuente el uso de sustancias básicas en nuestra vida diaria: en fertilizantes y blanqueadores suele encontrarse amoníaco, en productos de limpieza hallamos hidróxido de sodio; en los antiácidos, hidróxido de magnesio, entre otros muchos ejemplos que podríamos enumerar.

Lo anterior nos permite dar aplicabilidad al concepto de pH y con él al de acidez y basicidad, de manera que los jóvenes relacionen claramente los aspectos de clase con su cotidianidad.

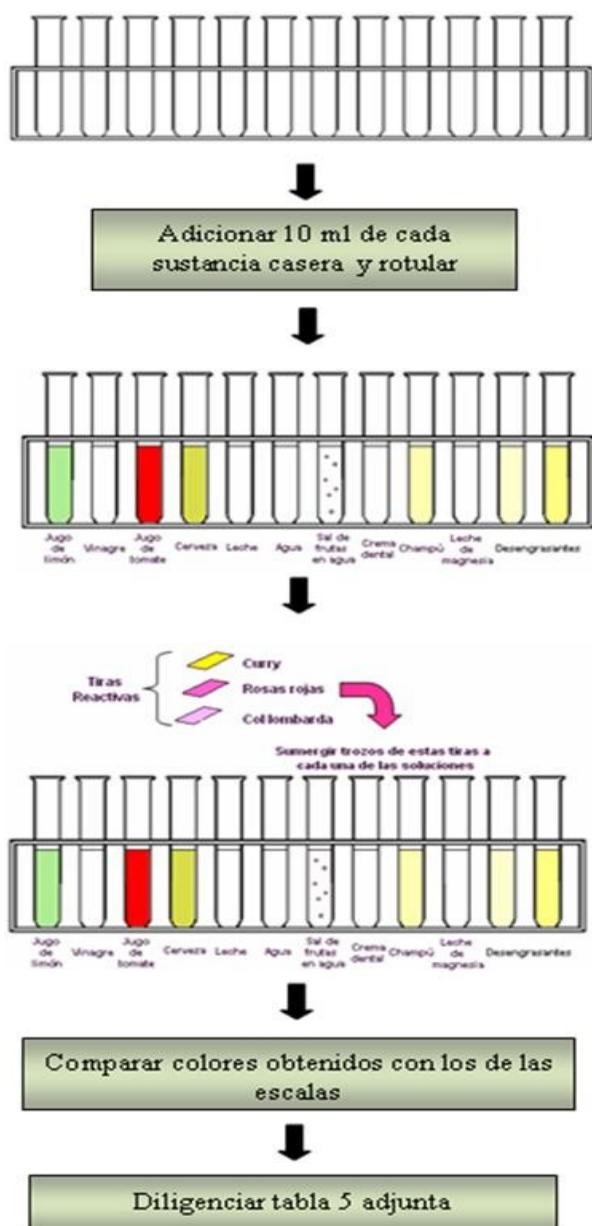


Figura 5.- Uso de las tiras reactivas en sustancias de fácil adquisición.

Procedimientos

En este apartado se pretende utilizar el papel indicador estandarizado para medir el pH de sustancias de uso común, como una forma de contextualizar los conceptos implicados en ésta práctica, con la cotidianidad. Se propone el uso de 12 sustancias de fácil consecución (tabla 8), que pueden ser variadas si se desea. Se colocan 10 ml de cada una de ellas en 12 tubos de ensayo, luego, se sumergen las tiras reactivas preparadas previamente en cada una de las muestras, se observa el cambio de color y se compara con la escalas patrón estandarizadas. (Figura 5).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

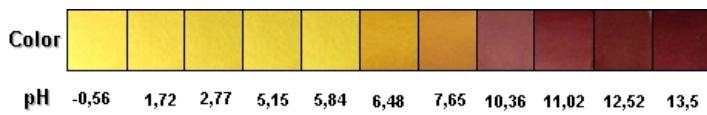
A continuación se reportan los resultados de las tiras reactivas obtenidas a partir de los tres indicadores empleados en las once soluciones buffer preparadas.

En la tabla 5, se muestra el pH obtenido en las once soluciones que determinan valores de pH de las tiras reactivas, correspondientes al valor medido en la lectura del potenciómetro, para cada una de las soluciones buffer indicadas en la tabla 4.

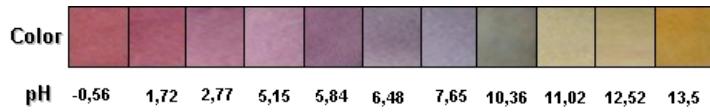
Solución N°	pH teórico propuesto	pH medido con el potenciómetro
1	1,00	-0,56
2	2,12	1,72
3	3,41	2,77
4	4,70	5,15
5	5,95	5,84
6	7,21	6,48
7	8,50	7,65
8	9,80	10,36
9	11.06	11,02
10	12,32	12,52
11	13,50	13,50

Tabla 5.- Comparación de valores de pH teóricos y experimentales

TIRA REACTIVA A PARTIR DE EXTRACTO DE (CURRY)



TIRA REACTIVA A PARTIR DE EXTRACTO DE PÉTALOS DE ROSA



TIRA REACTIVA A PARTIR DE EXTRACTO DE COL LOMBARDA

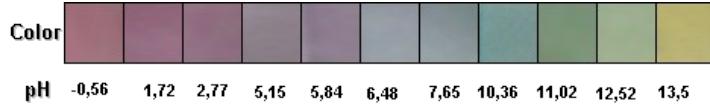


Tabla 6.- Estandarización tiras reactivas de los extractos de Curry, pétalos de rosa y Col lombarda.

Como puede apreciarse en la tabla 6, cada indicador presenta un buen viraje (1) en sus tonalidades. Para el caso del curry, se observan diversos tonos de amarillo cuando el pH es ácido, amarillo-ocre para pH neutro, cambiando la coloración hasta un café a pH básico.

Al determinar el viraje de color en la tira reactiva del extracto de pétalos de rosa, este se da entre tonos rojos y violetas claros para pH ácido, lila, violeta fuerte y gris distingue al pH neutro y una gama entre el verde, el beige y el amarillo ocre son diferenciados para pH básico.

En cuanto a la col lombarda, se puede apreciar una coloración rosa y violeta claro para pH ácido, mientras que para pH neutro se observa una gama de color que va desde el lila hasta azul grisáceo y para pH básico el viraje se da entre tonos azul-verdosos, verdes y amarillos.

Lo anterior nos permite hacer una aproximación al pH real de sustancias empleadas cotidianamente y observar la efectividad de las tiras reactivas.

Al realizar la comparación entre las escalas obtenidas en la práctica y las reportadas por Heredia (2006), existe una fuerte discrepancia en lo concerniente al indicador de pétalos de rosa. Según el autor, el extracto obtenido a partir de éste, es prácticamente incoloro en un intervalo amplio de pH (3 – 7), mientras que en la escala estandarizada en este trabajo se observa variación en el color para cada unidad en este rango de pH.

La tabla 7 reporta el valor de pH y los virajes de color obtenidos a partir de la utilización del papel indicador universal en las soluciones Buffer empleadas, con el fin de comparar y estandarizar las tiras reactivas de los tres extractos naturales.

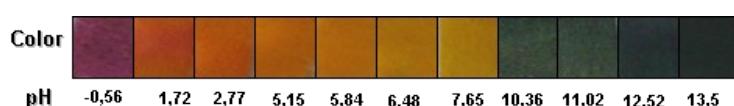


Tabla 7.- Relación entre el pH y el color de las soluciones Buffer a partir de papel indicador Universal.

Al comparar las escalas estandarizadas de pH de los extractos naturales con la escala del papel indicador universal, se observa que la tira reactiva de la col lombarda y la de los pétalos de rosa presentan rangos de variación que les permiten ser usadas para determinar el pH de diferentes sustancias de una manera sencilla y rápida, ya que los intervalos propuestos por el papel indicador universal se ajustan a los datos de pH medidos con el potenciómetro en cada una de las soluciones buffer elaboradas, para estandarizar las tiras reactivas de dichos extractos; mientras que con la tira reactiva de curry se dificulta distinguir pequeños rangos de pH por la similitud de los colores en los diferentes intervalos, de manera que este indicador sería útil únicamente para determinar si una sustancia posee carácter ácido o básico.

Las tiras reactivas estandarizadas son empleadas en la determinación del pH de algunas sustancias caseras, presentando rangos de viraje que son comparables con los del papel indicador universal, como lo muestra la tabla 8.

NOTA:

- En los indicadores 1 (col lombarda), 2 (pétalos de rosa) y 3 (Curry) se reportan los colores obtenidos, al poner en contacto estas sustancias con las tiras reactivas elaboradas a base de los tres extractos naturales.
- El indicador 4 es papel indicador universal.
- Los valores de pH son tomados de Ayres (1978)

SUSTANCIA	pH	IND. 1	IND. 2	IND. 3	IND. 4
Jugo de limón	2,3				
Vinagre	2,9				
Jugo de tomate	4,2				
Cerveza	5,0				
Leche	6,4				
Agua pura	7,0				
Sal de frutas+agua	8,4				
Crema dental	9,9				
Champú	10				
Leche de magnesia	10,5				
Desengrasante	11,5				
Limpiador antigrasa	14				

CONCLUSIONES

Al desarrollar trabajos de investigación experimental educativa enfocados al aprendizaje de conceptos químicos como el pH, se encuentran diversos beneficios, tales como el desarrollo de la motivación en el estudiante, el fomento del interés hacia la ciencia, la optimización de sus capacidades y habilidades para asociar los conceptos teóricos con los experimentales y los cotidianos, siendo una forma de estructurar su conocimiento, ya que desde el aula se están conjugando procesos matemáticos y químicos, que contribuyen a este hecho.

De igual manera la aplicación de este tipo de procesos permite confrontar las investigaciones realizadas previamente por otros autores y proponer procesos que involucren otra clase de sustancias cotidianas que contengan en su estructura química antocianinas, curcuminas u otro tipo de compuestos orgánicos que generen cambios de color al entrar en contacto con sustancias de carácter ácido y básico.

RECOMENDACIONES

La estrategia didáctica que se pone a consideración en este artículo debería ser aplicada en tres sesiones de laboratorio cada una de dos horas, que corresponde al tiempo habitual de trabajo en secundaria, en caso de que la experiencia no pueda ser llevada a cabo en una sola sesión.

Aunque los indicadores pueden ser elaborados en agua, se recomienda hacerlos en base alcohólica para mejorar su tonalidad y evitar que se degraden rápidamente.

Respecto al indicador preparado a base de curry, no es necesario emplear tanta cantidad de material, pues este colorante es bastante concentrado y con obtener el extracto a partir de 5 gramos en el solvente indicado es suficiente.

Es aconsejable preparar soluciones buffer que cubran toda la escala de pH, para tener patrones adecuados de comparación entre las tonalidades. Lo ideal es que estas soluciones difieran entre si en una unidad de pH, de igual manera que las tonalidades del indicador universal.

Resultaría interesante proponer a los estudiantes que elaboren sus indicadores a base de otros productos naturales aprovechando la presencia de antocianinas en varios alimentos, y que a partir de ellos presenten su propia escala de viraje y la correspondiente tira reactiva estandarizada.

Los procesos experimentales anteriormente desarrollados proporcionan elementos importantes para afianzar los conceptos estructurantes implicados en las teorías del pH.

Se podría también plantear el estudio de situaciones problema, en donde el mismo estudiante proponga prácticas de laboratorio en donde se indague por la capacidad amortiguadora de soluciones de uso cotidiano o incluso de fluidos biológicos, utilizando los extractos naturales para monitorear los cambios de pH. Aquí, la propuesta se enfoca al aprendizaje de conceptos químicos desde la comprensión del funcionamiento y utilidad de los amortiguadores en la estabilidad de los productos mismos, e incluso en la calidad de vida de las personas. Entre los materiales a emplear estarían los antiácidos tipo suspensión (Mylanta®), los encurtidos, la orina, la secreción salival, el suero sanguíneo, por solo mencionar algunos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayres, G. (1978). *Química Analítica Cuantitativa*. Ed. Harla México. Caps 5 y 23.
- Molina, M. Farías, D. y Casas, J. (2006). El trabajo experimental en los cursos de Química básica. *Investigación e innovación en enseñanza de las ciencias "Teorías y enfoques didácticos"*, 1(1), pp. 51-59. Universidad Católica de Colombia.
- Briceño, C y Rodríguez L. (1997). *Química General*. Ed. Fondo Educativo Panamericano
- Bueno, E. (2004). Aprendiendo Química en casa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 1(1), pp. 45-51. En línea en: <http://www-apac-eureka-org/revista>.
- Harris, D. (2001). *Exploring Chemical Analysis*. Second edition. Ed. Freeman, New York, pp. 163 y 173.
- Heredia, S. (2006). Experiencias sorprendentes de Química con indicadores de pH caseros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 3(1), pp. 89-103. En línea en: <http://www-apac-eureka-org/revista>.
- Zumdahl, S. (1992). *Fundamentos de Química*. Editorial Mc Graw Hill. México Pág. 552.

INDICATOR PAPER MADE OF NATURAL EXCERPTS: AN ALTERNATIVE BASED ON LABORATORY EXPERIENCES FOR LEARNING OF THE pH CONCEPT

SUMMARY

This article is framed in laboratory experiments directed from synthetic and illustrative flowcharts, which promote a structured approach to the concept of pH, and their relation with the acid-base behavior and buffer solutions. To teach such concepts, it was necessary the development and standardization of three types of pH indicator paper as well as the use of natural substances such as red cabbage, red rose petals and the curry which are easily found in the market and present a chemical behavior that allows the consolidation of such structuring concepts. This aspect was evident in the subsequent application to a number of substances for everyday use, in several ranges of the pH scale, achieved from a collection of buffer solutions prepared in advanced by students.

Key Words: *Lab experiences; structuring concepts; pH, acid-base behavior; buffer solutions; indicator paper*