Experimento mundial para el Año Internacional de la Química

El pH de nuestro planeta

Este documento contiene una descripción del **ejercicio sobre el pH de nuestro planeta**, que forma parte del Experimento Mundial que se está realizando durante el Año Internacional de la Química de 2011.

Para este ejercicio, los alumnos obtendrán una muestra de agua natural de procedencia local. Medirán el pH de la muestra utilizando soluciones indicadoras de color. El promedio de los resultados de la clase será enviado a la base mundial de datos experimentales, junto con la información sobre la muestra y los datos de la escuela.

Índice

- Instrucciones para enviar los resultados a la base de datos mundial
- Instrucciones para el ejercicio (Profesor)
- Hoja de resultados de la clase (en blanco)
- Hoja de trabajo del ejercicio (Alumnos)
- Notas para el profesor
- Sugerencias para realizar actividades suplementarias
- Resultados de prueba
- Tabla de colores de los indicadores
- Tabla de colores azul-rojo-verde

Envío de los resultados a la bases de datos mundial

Se enviará a la base de datos la información siguiente. Si los datos de la escuela y su ubicación han sido ya enviados en relación con otro ejercicio, estos resultados deberán estar asociados al envío anterior.

Fecha de la toma: _____

Masa de agua: _____ (por ejemplo, río Nilo)

pH de la masa de agua: _____

Tipo de agua: _____ ____(dulce, salada, de estuario, de mar, etc.)

Temperatura: _____ (durante la medición del pH)

Número de alumnos participantes: _____

Número de registro de la escuela/clase: _____

Instrucciones para el ejercicio (Profesor)

Descripción del experimento

Los alumnos, trabajando en pequeños grupos (por lo general, en parejas), medirán el pH de una muestra de agua natural de procedencia local. El ejercicio consta de tres partes:

- Medir el pH de la muestra de procedencia local (y, en su caso, de otras muestras).
- Analizar los datos e informar de los resultados a la base de datos del Experimento Mundial.

[**Material**
- 6 (seis) **recipientes** de muestra (*blancos o transparentes con capacidad para una altura de 1 cm de líquido*).
- un **dispensador de gotas** o una pipeta
- una botella de **agua de lavar**
- **indicator** de bromotimol azul (*del kit, preparado según las instrucciones*)
- **indicador** *de m*-cresol púrpura (*del kit, preparado según las instrucciones*)
- **tablas de colores** para los indicadores
- **muestra de agua local** de procedencia natural

Opcional
- otras muestras de agua
- indicador universal

Método

Parte A - Análisis de la muestra de agua local

1. Etiqueta los recipientes de la muestra 1 a 6, y marca una altura de 0,5 cm en cada uno de ellos.
2. Vierte en los recipientes agua de la muestra hasta alcanzar la marca.
3. Añade tres gotas de indicador de **bromotimol azul** a cada recipiente, y agita hasta que la disolución sea completa.
4. Utiliza la tabla de colores para estimar el pH de cada solución y anota el resultado para cada recipiente, con un decimal.
5. Si el pH de la muestra es 7,6 o superior, repite la prueba tres veces utilizando **m-cresol púrpura** como indicador y anota los resultados, con un decimal.

Parte B - Análisis y envío de los resultados

6. Decide cuál de los dos indicadores ha medido más acertadamente el pH de la muestra.
7. Calcula el promedio para la muestra de agua basándote en los resultados del indicador más eficaz.
8. Anota el resultado en la hoja de resultados de la clase.
9. Cuando dispongas de todos los resultados de la clase, calcula el promedio para la muestra de agua local.
10. Ayuda a tu profesor a enviar el promedio de la clase de los resultados de la clase a la base de datos del Experimento Mundial.

(OPCIONAL: Otras muestras de agua)

11. Repite el método (partes A y B) con otras muestras de agua que puedas utilizar.
12. Lava bien los recipientes después de cada prueba para evitar que se contaminen.

Hoja de resultados de la clase

Anota el promedio de los valores de pH de toda la clase para la muestra de agua local (y de otras muestras de distinta procedencia, si fuera posible – consulta las Notas para el profesor). Registra los datos suplementarios, ya preparados para enviarlos a la base de datos del Experimento Mundial.

	Muestras de agua					
Grupo	**Procedencia del agua local**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Promedio						

- Procedencia del agua local: _____
- Tipo de agua: _____
- Fecha de la toma: _____
- Temperatura: _____
  - Número de alumnos participantes: _____

Hoja de trabajo del ejercicio (Alumnos)

Este ejercicio consistirá en medir el pH (acidez) de una muestra de agua local. El pH es un número que permite comparar diferentes muestras de agua. Así podrás comparar tus resultados con los de otras escuelas del mundo.

Parte A - Análisis de la muestra de agua local

- Etiqueta los recipientes 1 a 6 de muestra, y marca una altura de 0,5 cm en cada uno de ellos.
- Utilizando agua de la muestra local, llena tres de los recipientes hasta la marca.
- Añade a cada recipiente tres gotas de indicador de **bromotimol azul**, y agita bien la mezcla.
- Utiliza la tabla de colores para estimar el pH de cada solución, y anota el resultado para cada recipiente, con un decimal.
- Si el pH de la muestra es 7,6 o superior, repite la prueba tres veces utilizando esta vez **m-cresol púrpura** como indicador y anota los resultados, con un decimal.

	Tipos de agua de muestra						
Prueba	**Indicador**	**Agua de procedencia local**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
1	bromotimol azul						
2							
3							
4							
5							
6							
Promedio							

Parte B - Análisis y envío de los resultados

- Decide cuál de los indicadores ha medido más acertadamente el pH de la muestra.
- Calcula el promedio de la muestra de agua utilizando los resultados del indicador más eficaz.
- Anota el resultado en la tabla de resultados de la clase.
- Cuando dispongas de los resultados de la clase, calcula el promedio para el agua de la muestra. El valor que obtengas será el que enviarás a la base de datos del Experimento Mundial.

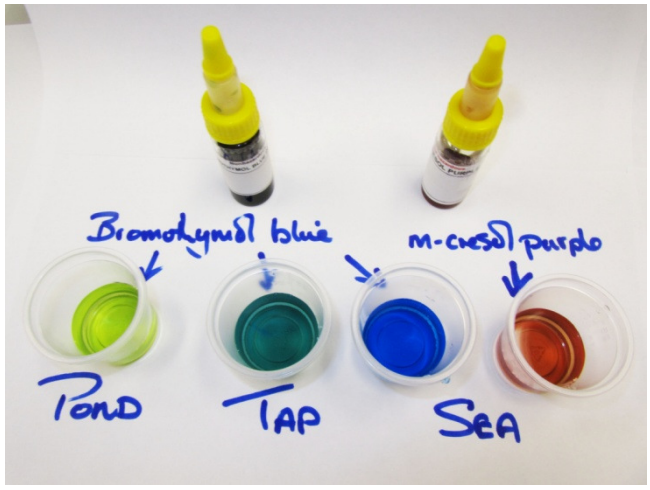
Notas para el profesor

La química nos concierne directamente, y en todos los respectos. Internándonos en ella descubriremos facetas de nuestra realidad que son a menudo sorprendentes y útiles. Los ácidos son uno de los primeros grupos de sustancias que reconocemos por sus propiedades químicas, tanto en la cocina o en la lavandería como en la fábrica o en el laboratorio.

Este ejercicio permitirá a la clase explorar la idea de acidez aplicada al agua que consumimos, utilizando el indicador más habitual: el pH. Los alumnos aprenderán a medir el pH y a comprobar la fiabilidad del método empleado. Enviarán sus datos a la base de datos del experimento mundial, y podrán comparar los resultados con otros obtenidos en todo el mundo.

Desarrollo del ejercicio sobre el pH de nuestro planeta

Las notas siguientes tienen por objeto ayudar a los profesores a dirigir el ejercicio sobre el pH de nuestro planeta. Abarcan los temas siguientes:



- Contexto y finalidad del ejercicio
- Elementos didácticos
  - Clases primarias
  - Clases de enseñanza media, primer nivel
  - Clases de enseñanza media, segundo nivel
- Material y equipo necesario
- Seguridad
- Preparativos antes del ejercicio
- Información sobre el pH y la acidez
- Actividades suplementarias

Contexto y finalidad

Este ejercicio está pensado como parte de una unidad didáctica sobre el agua. No obstante, los profesores podrán servirse de él para que sus alumnos tengan la oportunidad de contribuir a un experimento científico internacional.

Se ofrece información detallada sobre el ejercicio y las actividades auxiliares, para que los profesores puedan escoger las opciones más adecuadas en función del tiempo de que dispongan los alumnos y del nivel de conocimientos sobre la acidez del agua que corresponda a su clase.

Elementos didácticos

Procesos científicos:

- Medición de la acidez y valoración de la calidad de los datos.
- Interpretación de los datos en términos medioambientales y en función del tipo de agua utilizada.
- Planteamiento de preguntas científicas.
- Realización de investigaciones científicas.

Conocimientos de química.

- Ácidos y bases.
- Reacciones químicas en las que intervienen ácidos y bases.
- El pH como indicador de acidez.

Clases de nivel primario - En las escuelas primarias, este ejercicio constituye una excelente oportunidad para que los alumnos obtengan datos utilizando aparatos simples y aprendiendo a utilizar las tablas de colores de los indicadores.

Para poder entender la parte analítica de la actividad, los alumnos deberán conocer los decimales y el concepto de promedio.

La acidez es una de las ideas químicas más importantes, que forma parte de las experiencias de los alumnos con sustancias químicas en los alimentos y en el hogar.

Constituye un buen ejemplo que permite diferenciar entre procesos físicos y químicos, y es una de las primeras experiencias de los estudiantes en lo que se refiere a la reactividad química.

Lo más conveniente sería abordar la escala de pH como un indicador de acidez, sin hacer referencia a su fundamento químico. Sin embargo, su naturaleza contraintuitiva –ya que un pH bajo implica una acidez alta- será insoslayable.

Sería conveniente clasificar la escala asociando el concepto de neutro a un pH = 7, los ácidos a la región de la escala situada por debajo de ese valor, y las bases a los valores situados por encima.

Sería también conveniente que los alumnos aprendieran que las sustancias con valores de pH muy superior o muy inferior a 7 son, en ambos casos, peligrosas, y que el peligro aumenta con la distancia respecto del valor neutro.

Enseñanza media de primer grado - Se mencionarán, en su caso, los iones hidrógeno (H+) o (H3O+) y algunas ecuaciones químicas simples.

Enseñanza media de segundo grado - En su caso, se hará referencia a los ácidos fuertes y débiles y al concepto de equilibrio químico. Si fuera posible, podrían utilizarse otros métodos para averiguar el pH (por ejemplo, los medidores de pH).

Material y equipo

Muestras de agua: Las muestras podrán guardarse en botellas de plástico (con 1,5 L de capacidad será suficiente). Si fuera necesario conservarlas, se almacenarán en un frigorífico, dejando que alcancen la temperatura ambiente antes de utilizarlas, y se utilizarán lo antes posible después de abrirlas.

La muestra de agua local cuyos resultados se envíen a la base de datos del Experimento Mundial podrá provenir del mar, de un río, de un lago o de un estanque grande. Se procurará que sea un lugar fácilmente identificable por alumnos de otras escuelas, a efectos comparativos. La muestra se obtendrá lo más tarde posible antes del comienzo de la clase en que se realizarán las mediciones.

Si los estudiantes van a analizar diversas muestras de procedencia local, pídales que obtengan las muestras y las lleven a la escuela. Asegúrese de que dispone de un indicador universal, por si los alumnos trajeran muestras con valores de pH superiores o inferiores a los habituales del agua natural.

Indicadores: El bromotimol azul puede obtenerse en casi todas las tiendas que vendan productos para acuarios de agua dulce. El m-cresol púrpura se utiliza para las muestras de agua del mar.

Los profesores de enseñanza primaria podrían colaborar con escuelas de enseñanza media cercanas para fabricar indicadores utilizando las muestras sólidas incluidas en los kits de prueba.

Receta para preparar bromotimol azul:

Disolver 0,1 g de bromotimol azul en 16 mL de NaOH 0,01 M.

Una vez disuelto, añadir lentamente 234 mL de agua (a ser posible, destilada).

Almacenar a temperatura ambiente.

Receta para preparar m-cresol púrpura:

Disolver 0,1 g de m-cresol púrpura en 26 mL de NaOH 0,01 M.

Una vez disuelto, añadir lentamente 224 mL de agua (a ser posible, destilada).

Almacenar a temperatura ambiente.

Seguridad

El material utilizado para este ejercicio no es peligroso siempre que las soluciones hayan sido diluidas con arreglo a los procedimientos. No obstante, los indicadores sólidos pueden ser irritantes, particularmente si son ingeridos. Deberán ser manejados con cuidado durante la preparación de los indicadores, lavándose las manos posteriormente.

Kits de prueba

El kit de prueba contiene:

- Muestras de los dos indicadores: 0,1 g de bromotimol azul y 0,1 g de m-cresol púrpura, en saquitos de plástico.
- Tabla de colores para cada indicador.

Instrucciones:

- para el experimento
- para preparar el indicador y utilizar las tablas de colores.

Información básica - Acidez y pH

El primer grupo de sustancias del que solemos tener conocimiento, desde el punto de vista de su reactividad química, son los ácidos. Muchos de ellos son productos caseros, como el vinagre, el ácido clorhídrico o el ácido cítrico. Otros, como el ácido sulfúrico o el fosfórico, se utilizan industrialmente; se producen millones de toneladas de ellos cada año.

Los ácidos reaccionan con las bases, que son un grupo de sustancias no tan conocido pero igualmente importante, entre las que se encuentran el amoníaco, el bicarbonato de sodio o la sosa cáustica (hidróxido de sodio). Se han identificado miles de ácidos y bases, muchos de los cuales están presentes en la naturaleza y son importantes para los procesos vitales.

Las reacciones ácido-base más habituales tienen lugar en el agua. Una de las propiedades especiales, aunque no exclusiva, del agua radica en que puede reaccionar indistintamente como ácido o como base. Por esa razón, y por su abundancia e importancia, suele ser conveniente utilizarla como sustancia situada a mitad de camino entre los ácidos y las bases. El agua se comporta como una base con los ácidos y como un ácido con las bases. Las muestras de agua pura y las soluciones con su mismo grado de acidez están conceptuadas como neutras. Las reacciones ácido-base se denominan también "reacciones de neutralización".

ácido acético + bicarbonato de sodio □ agua + acetato de sodio + dióxido de carbono

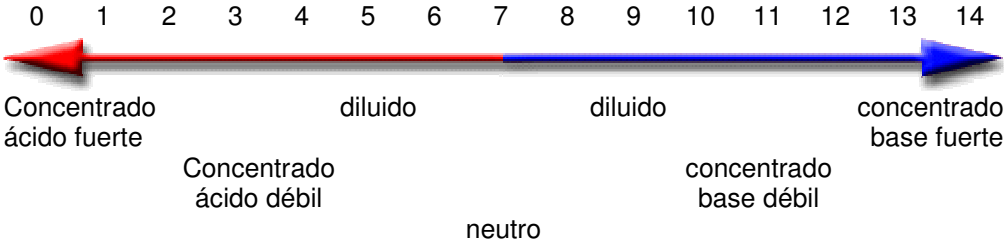
Encontramos variantes de estas reacciones ácido-base en el cocinado de alimentos, en las células de nuestros organismos y en numerosos procesos de la naturaleza.

Fuerza ácida - El grado en que los ácidos y las bases reaccionan con el agua es un indicador de su fuerza. El ácido clorhídrico, uno de los ácidos fuertes más habituales, se encuentra en el estómago, y puede ser también adquirido en las droguerías. Reacciona casi completamente con el agua. Otros, como el ácido acético (el ácido del vinagre), reaccionan sólo parcialmente con el agua y son ácidos débiles. Este mismo sistema de clasificación sirve también para las bases.

La fuerza de una solución ácida (su acidez) es una propiedad que conviene conocer, ya que constituye un indicador importante de su potencial de reacción química. Por ejemplo, el ácido clorhídrico concentrado es útil para limpiar el cemento o los ladrillos, pero el ácido acético concentrado es mucho menos eficaz. Al diluir el ácido se reduce la acidez de la solución, razón por la cual el peligro de los vertidos de ácidos o bases se reduce generalmente agregando agua.

Escala de pH - La escala de pH se utiliza para medir la acidez de las soluciones. Las soluciones más habituales tienen un pH situado entre 0 y 14. Cuanto más bajo es el valor del pH, mayor será su acidez.

escala de pH



Los ácidos fuertes son los de pH más bajo, y pueden tener valores negativos si el ácido es fuerte y está muy concentrado (por ejemplo, el ácido sulfúrico). Las bases fuertes corresponden a valores altos, que pueden superar también el nivel de 14. El agua pura, por otra parte, es neutra, y tiene un pH de aproximadamente 7, en función de la temperatura.

La utilidad de la escala de pH se deriva de las propiedades que denota. Su valor indica en qué medida reacciona el ácido con el agua. Por ejemplo, con el ácido clorhídrico:

$$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

Iones hidronio - Los productos de esta reacción son iones (partículas con carga eléctrica), y el ión H_3O^+ (hidronio) es el causante de las propiedades ácidas.

Los ácidos son un grupo de sustancias muy útiles porque todos los ácidos habituales forman iones H_3O^+ y poseen, por consiguiente, una serie de propiedades comunes.

H_3O^+ o H^+

Es habitual referirse a los ácidos en términos de su concentración de iones de hidrógeno, H^+, y no de iones H_3O^+. Ello responde a razones de conveniencia y de tradición y, aunque no existen iones de hidrógeno en las soluciones de agua, ambos términos se utilizan indistintamente.

En el caso del ácido clorhídrico, la ionización es básicamente completa en el agua, y decimos que el ClH es un ácido fuerte. El ácido acético genera mucho menos H_3O^+, y la mayoría de sus moléculas suelen estar ionizadas.

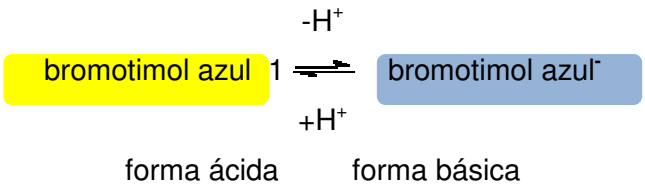
Medir el pH equivale a determinar la concentración de H_3O^+. La horquilla de valores es muy amplia, por lo que se utiliza una escala logarítmica:

$$pH = -\log 10$$

Esta fórmula implica, por ejemplo, que la concentración de H_3O^+ para un pH de 8,5 es la milésima parte de la concentración para un pH de 5,5 (valores habituales en el caso de las muestras de agua natural).

Medición del pH - Los dos métodos más habituales utilizados para medir el pH consisten en utilizar indicadores o medidores de pH.

Un **indicador** es un ácido débil que cambia de color cuando experimenta una reacción ácido-base y (formalmente) pierde el ión H+. Estas reacciones son generalmente reversibles, por lo que el indicador presenta dos formas moleculares: una ácida, y otra básica:



El cambio de color de un indicador suele corresponder a un aumento de 10 a 1 de la concentración de H3O+, por lo que representa una variación de una unidad de pH.

Las soluciones de indicador que abarcan horquillas de valores de pH más amplias (por ejemplo, los indicadores universales) son mezclas de varios indicadores.

Medidores de pH - Miden el potencial de un electrodo de vidrio sensible al pH. Las membranas de vidrio son delicadas, por lo que deben ser conservadas y manejadas con cuidado para conseguir una duración de dos años como mínimo.

Los electrodos experimentan cambios con el paso del tiempo, por lo que será necesario calibrar periódicamente el medidor de pH. Para ello, se utilizan soluciones tampón de pH conocido. Una solución tampón es generalmente una mezcla de las formas ácida y básica de un ácido débil. Pueden ser preparadas con arreglo a unas instrucciones, o adquiridas en forma de tabletas o de líquido.

Interpretación de los valores de pH

Los valores de pH obtenidos durante el ejercicio deberán ser interpretados con cautela, ya que hay una variabilidad natural debida a las diferencias en los niveles de luz y de temperatura y a los resultados ficticios de las diferentes técnicas de medición. Si las muestras son de agua dulce, la variabilidad natural será bastante elevada (por lo general, entre 6,5 y 8,0). El agua de mar suele ser una solución tampón, por lo que su pH varía menos ampliamente, entre 8,1 y 8,4.

Las variaciones de temperatura modifican el pH de las soluciones de muestra y de los sensores de pH. Aunque tales cambios son pequeños si la temperatura se mantiene entre 20 y 25ºC, cabrá esperar un margen de variación mayor cuando la temperatura se aleje de ese intervalo.

En el agua natural, el pH varía también a lo largo del día debido a la materia viva que contiene. La respiración de los organismos genera dióxido de carbono, que reduce el pH de la muestra. Con la luz del día, el pH aumenta, ya que los organismos fotosintetizantes reducen los niveles de dióxido de carbono.

La geología del lugar afecta también al pH del agua local. La presencia de caliza puede elevar considerablemente el pH. En los océanos, la caliza y otras fuentes de carbonato de calcio contribuyen al pH normal del océano (8,3), aunque el dióxido de carbono adicional presente en la atmósfera por efecto del cambio climático se disuelve parcialmente en el océano, disminuyendo así su pH (en muy pequeña cantidad).

Actividades adicionales

Los ejercicios siguientes permitirán a los alumnos profundizar en los conceptos de acidez y de pH.

- Modificación del pH – experimentos que establecen la estabilidad variable del pH en diferentes contextos; por ejemplo, al soplar dentro de una muestra de agua

- El pH en la vida cotidiana - medición del pH en líquidos habituales del hogar y en materiales como, por ejemplo, suelos.

- Indicadores naturales - exploración de indicadores caseros, como el jugo de lombarda.

- Variación del pH - medición de las variaciones naturales del pH del agua durante episodios periódicos (24 horas), después de haber llovido, etc.

- Otras actividades, etc.

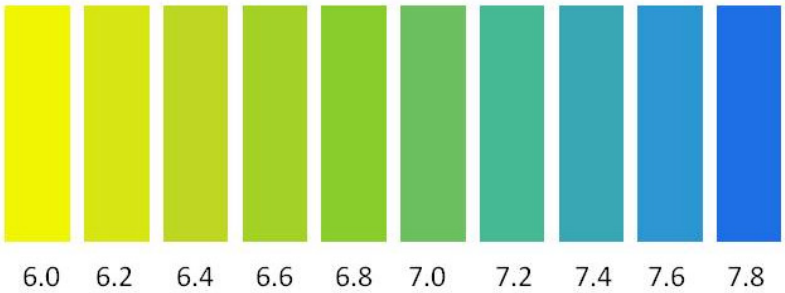
Hoja de resultados de la clase (Datos de prueba)

- Registra el valor promedio del pH de los alumnos en el agua de procedencia local y, en su caso, de otras procedencias (véanse las Notas para el profesor).
- *(Estos datos han sido obtenidos utilizando el método precedente con una clase de 25 alumnos de 11 años trabajando en parejas.)*

	Tipos de agua de muestra					
Grupo	***Procedencia: lago***	***A*** ***Agua corriente***	***B*** ***Pecera***	***C*** ***Mar***	**D**	**E**
1	**6.7**	**8.0**	**6.6**	**8.1**		
2	**6.9**	**7.9**	**6.5**	**8.0**		
3	**6.5**	**8.0**	**6.6**	**8.1**		
4	**6.7**	**8.0**	**6.7**	**8.2**		
5	**6.7**	**8.4**	**6.4**	**8.0**		
6	**6.9**	**8.1**	**6.3**	**8.0**		
7	**6.8**	**7.7**	**6.3**	**8.4**		
8	**6.8**	**8.0**	**6.5**	**8.1**		
9	**6.8**	**8.1**	**6.7**	**8.4**		
10	**6.7**	**8.1**	**6.7**	**8.3**		
11	**6.8**	**8.2**	**6.5**	**8.3**		
12	**6.6**	**7.8**	**6.6**	**8.1**		
13	**6.6**	**7.8**	**6.4**	**8.1**		
14						
15						
Promedio	**6.7**	**8.0**	**6.5**	**8.2**		

- Procedencia local: Río Brisbane, frente a las escuelas Oxley
- Tipo de agua: Dulce
- Fecha de la toma: 14/02/2011
- Temperatura: 23,5 ºC
- Número de alumnos participantes: 25

Tabla de colores de los indicadores



[bromotimol azul

m-cresol púrpura]

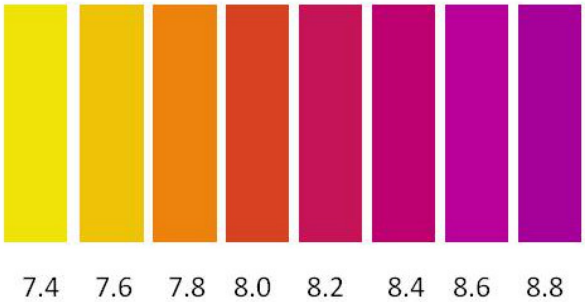


Tabla de colores azul-rojo-verde

pH	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8
Bromotimol azul	241 231 19	216 231 19	189 215 35	165 210 38	137 206 44	108 192 95	70 185 149	57 166 180	44 150 210	30 110 230					
m-cresol púrpura								240 227 7	239 195 7	237 130 13	215 66 35	198 20 88	189 1 113	186 2 154	166 2 154