

4. El pH

Como hemos observado, las concentraciones molares de iones hidrógeno (H^+) e iones hidroxilo (OH^-) son valores muy pequeños. Con el fin de no trabajar con números en notación científica, se aplica a las concentraciones el concepto de logaritmo (\log). Esta es una función matemática que elimina la base de la potencia y permite su interpretación mediante números enteros o decimales sencillos. Como en este caso los exponentes son negativos, se aplicará el logaritmo negativo ($-\log$) para obtener números positivos.

En química, el logaritmo negativo ($-\log$) se simboliza como p. De allí nace la equivalencia:

$$pH = -\log [H^+]$$

Donde: $[H^+]$ representa la concentración molar de iones de hidrógeno o iones hidronio, sin unidades de molaridad o, en su defecto, divididas por 1 mol/L, operación que permite eliminar la unidad de la concentración de los iones de hidrógeno.

En consecuencia, se definirá **pH** como: “El logaritmo decimal negativo de la concentración de iones en moles/litro” o, en un lenguaje más simple, “como la medida de la concentración de H^+ presente en una disolución”.

Si se aplica el logaritmo negativo ($-\log$) a la concentración del ión hidrógeno, se obtendrá la escala de pH. Observa atentamente el siguiente esquema.

$[H^+]$	pH
1	0
$1 \cdot 10^{-1}$	1
$1 \cdot 10^{-2}$	2
$1 \cdot 10^{-3}$	3
$1 \cdot 10^{-4}$	4
$1 \cdot 10^{-5}$	5
$1 \cdot 10^{-6}$	6
$1 \cdot 10^{-7}$	7
$1 \cdot 10^{-8}$	8
$1 \cdot 10^{-9}$	9
$1 \cdot 10^{-10}$	10
$1 \cdot 10^{-11}$	11
$1 \cdot 10^{-12}$	12
$1 \cdot 10^{-13}$	13
$1 \cdot 10^{-14}$	14

}

}

La escala de pH asigna valores específicos a los ácidos y bases, entendiendo que finalmente dichos valores hacen referencia a la concentración del ión hidrógeno (mol/L). Por ejemplo, al indicar que el jugo de tomate presenta un pH igual a 4, podríamos decir que:

1. Es una sustancia ácida.
2. La concentración de $[H^+]$ es $1 \cdot 10^{-4}$ M.
3. Como la K_w del agua es $1 \cdot 10^{-14}$ y la $[H^+]$ es de $1 \cdot 10^{-4}$ la concentración de $[OH^-]$ es $1 \cdot 10^{-10}$.

MÁS QUE QUÍMICA



Soren Sorensen
(1868-1939)

Químico danés. Fue quien en 1909 introdujo el concepto de pH como el “potencial de hidrógeno” correspondiente al logaritmo negativo de la actividad de iones hidrógeno.



MÁS QUE QUÍMICA

Existe otra escala análoga a la del pH que se obtiene con el logaritmo negativo de la concentración de iones hidroxilo, la cual corresponde al pOH:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Como podrás darte cuenta, existe una relación entre $[H^+]$ y $[OH^-]$ que depende de la constante del agua (K_w). Esta misma relación se puede establecer en función del pH, obteniéndose:

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

Por ejemplo: Si el pH de una disolución es 8, el valor de pOH es 6, pues:

$$pK_w = pH + pOH$$

$$14 = 8 + pOH$$

$$6 = pOH$$

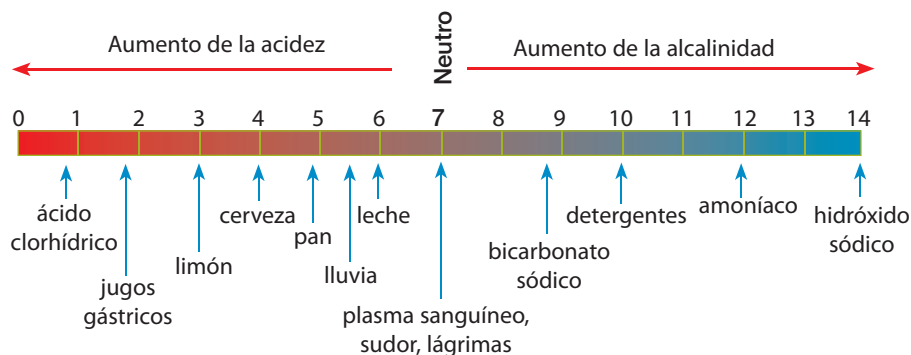
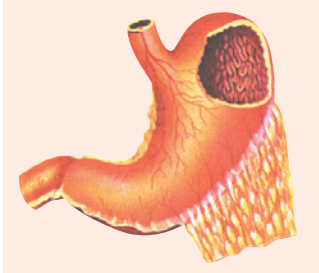
En síntesis, existen tres tipos de sustancias según la concentración de $[H^+]$ y, por ende, del valor del pH; éstas son:

Ácidas	$[H^+] > 10^{-7} \text{ M}$	$pH < 7$
Básicas	$[H^+] < 10^{-7} \text{ M}$	$pH > 7$
Neutras	$[H^+] = 10^{-7} \text{ M}$	$pH = 7$

Un gran número de las sustancias que empleamos comúnmente, así como los fluidos corporales más importantes, tienen un pH específico en directa relación con su función o efecto sobre otras sustancias.

SABÍAS QUE

El jugo gástrico es secretado en abundancia por numerosas glándulas microscópicas ubicadas en la mucosa del estómago. Por la presencia del ácido clorhídrico en el jugo gástrico, el pH estomacal toma un valor entre 1 y 2. Este medio ácido facilita la acción enzimática en la digestión de los nutrientes, al otorgar un pH óptimo para las enzimas estomacales.



En el sitio http://200.26.134.109:8091/unichoco/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_841.pdf podrás encontrar tablas con valores de pH y pOH, de diferentes sustancias y ejercicios.

EJERCICIO RESUELTO

Observa los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1

El ácido clorhídrico es uno de los principales componentes del jugo gástrico. En esa mezcla, su concentración alcanza a ser 0,03 M, aproximadamente. Conociendo esos datos, ¿cuál es el pH del HCl?

Paso 1. Datos. Ácido clorhídrico (HCl) de concentración 0,03 M.

Pregunta. ¿Cuál es el pH del HCl?

Paso 2. Seleccionar la fórmula.

$$pH = -\log [H^+]$$



Para obtener el pH es necesario conocer la concentración de H^+ . ¿Cómo haremos esto? Integrando los conocimientos de las teorías ácido-base. Lee atentamente.

La disociación del HCl se expresa según la siguiente ecuación:



En dicha ecuación es posible observar que el HCl se comporta como un ácido, puesto que libera H^+ al disociarse.

Sabemos que el HCl es un electrolito fuerte; por lo tanto, se disociará completamente (100 %), es decir, al término de la reacción, toda la concentración inicial del HCl estará presente en los productos, tal como explica el siguiente esquema:

	$HCl_{(ac)}$	\rightarrow	$H^+_{(ac)}$	+	$Cl^-_{(ac)}$
Inicialmente	0,03 M		0		0
Cambio	-0,03 M		0,03 M		0,03 M
	0		0,03 M		0,03 M

Paso 3. Reemplazar los datos en la fórmula escogida.

$$pH = -\log [H^+]$$

$$pH = -\log [0,03]$$

Paso 4. Resolver.

Al emplear la calculadora científica, se obtiene:

$$pH = 1,52$$

Paso 5. Interpretar.

Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante. ¿Qué información entrega el valor del pH? Si su valor es menor a 7, ¿qué significa?

Construyamos una conclusión en conjunto.

El pH informa respecto a la concentración de ión hidrógeno y con ello las condición ácida, básica o neutra de una sustancia.

Cuando el valor es menor a 7, se entiende que la sustancia en cuestión es ácida, es decir, $[H^+] > [OH^-]$.

Finalmente, podemos concluir que el valor obtenido indica que el ácido clorhídrico (HCl) es una sustancia ácida de $pH = 1,52$.

Ejemplo 2

El hidróxido de sodio (NaOH), conocido comúnmente como soda cáustica, es vendido en ferreterías como producto sólido que al ser disuelto en agua puede ser empleado para destapar o limpiar cañerías y desagües. Generalmente, se recomienda disolver 10 g del producto en 1 litro de agua, lo que genera una disolución de concentración 0,25 M. ¿Cuál será el pH de la disolución formada?

Paso 1. Datos: NaOH 0,25 M.

Pregunta. ¿Cuál será el pH de la disolución formada?

SABÍAS QUE

La saliva tiene un pH aproximado de 7,1, óptimo para las enzimas salivales, que intervienen en el proceso digestivo. Presenta una alta concentración de carbonatos (CO_3^{2-}), fosfatos (PO_4^{3-}). Impide la proliferación de bacterias, jugando un papel importantísimo en la higiene bucal, pues actúa estabilizando el pH de la boca.



SABÍAS QUE

Se ha determinado que el pH de la piel húmeda ronda en un 5,5 por lo que si nos aplicamos alguna crema o jabón con un pH menor o mayor podría causarnos irritación o quemadura.

Si se tratara de un pH mayor a 10 o menor a 3, la piel pudiera disolverse causándonos un gran daño. Saber cuál es el pH de las sustancias es muy importante para nuestra seguridad ante cualquier producto químico.



Paso 2. Seleccionar la fórmula:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Para obtener el pH es necesario conocer la concentración de H^+ .

La disociación del NaOH se expresa según la siguiente ecuación:

	$\text{NaOH}_{(ac)} \rightarrow \text{Na}^+_{(ac)} + \text{OH}^-_{(ac)}$		
Inicialmente	0,25 M	0	0
Cambio	-0,25 M	0,25 M	0,25 M
	0	0,25 M	0,25 M

En dicha ecuación es posible observar que el NaOH se comporta como una base, puesto que libera OH^- al disociarse.

Sabemos que el NaOH es un electrolito fuerte; luego, se disociará completamente (100 %); es decir, al término de la reacción, toda la concentración inicial del NaOH estará presente en los productos.

Pasos 3 y 4. Reemplazar los datos y resolver.

El primer trabajo será determinar la concentración de H^+ . Apliquemos las fórmulas indicadas.

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] \cdot 0,25 = 1 \cdot 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = 4 \cdot 10^{-14}$$

Al determinar la concentración de H^+ se puede saber el pH.

$$\text{pH} = -\log 4 \cdot 10^{-14}$$

$$\text{pH} = 13,39$$

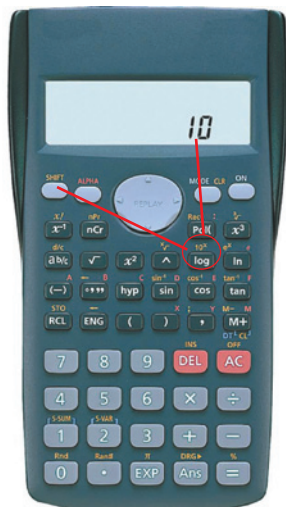
Paso 5. Interpretar.

Observa atentamente el valor obtenido. ¿Qué puedes interpretar de él? Piensa un momento y luego comenta con otro estudiante. ¿Cuál es la pregunta formulada en el problema? ¿Cuál es el valor obtenido y qué significa?

Según lo aprendido en las páginas anteriores, podemos señalar que si el $\text{pH} = 13,39$, la sustancia tiene un comportamiento básico, siendo $[\text{H}^+] = 4 \cdot 10^{-14} \text{ M}$ y la de $[\text{OH}^-] = 0,25 \text{ M}$, consistente con el comportamiento básico en el que $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$.

Así como se calcula el pH a partir de las concentraciones de las especies, es posible realizar el proceso inverso, es decir, determinar las concentraciones de H^+ y OH^- a partir de los valores del pH y/o pOH.

Sabemos que el $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, donde log es una función matemática que permite obtener valores decimales o enteros positivos. El inverso de la función matemática log es la base 10, base que acepta cualquier exponente, es decir, números enteros o decimales. Para obtener el inverso del log se debe aplicar en la calculadora científica la función shift log, apareciendo en la pantalla la base 10, tal como muestra la imagen lateral.



En la imagen se muestra como calcular el antilogaritmo de un número en la calculadora.



Es decir: si $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, al despejar $[\text{H}^+]$ se tiene:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Asimismo, $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$. Al despejar $[\text{OH}^-]$ se tiene:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

Ejemplo 3

El ácido fluorhídrico (HF) se utiliza, entre otras cosas, para la preparación de superficies cerámicas ante los adhesivos. La rugosidad que produce mejora notablemente la unión entre el adhesivo o cemento y la superficie cerámica, por lo que es útil en laboratorios dentales. Si su pH es 2,3, ¿cuál es la concentración de H^+ en la disolución?

Paso 1. Datos: HF pH = 2,3

Pregunta: ¿Cuál es la concentración de $[\text{H}^+]$ en la disolución?

Paso 2. Seleccionar la fórmulas. Sabiendo que se necesita conocer la concentración de $[\text{H}^+]$ a partir del pH, la fórmula es: $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$

Pasos 3 y 4. Remplazar los datos y resolver.

$$[\text{H}^+] = 10^{-2,3}$$

$$[\text{H}^+] = 5,01 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

Paso 5. Interpretar.

¿Qué significa $[\text{H}^+]$? El valor de $[\text{H}^+]$ ¿que información proporciona? ¿Qué relación existe entre $[\text{H}^+]$ y pH?

Ahora observa el valor obtenido. ¿Qué puedes concluir?

¡Efectivamente! El ácido fluorhídrico (HF) de pH 2,3 presenta una concentración de H^+ igual a $5,01 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

Como observaste, una serie de disoluciones con las que nos relacionamos cotidianamente presentan un pH específico, como es el caso de la lluvia que tiene un pH aproximado de 5,6, es decir, levemente ácido. Por ejemplo, gracias al pH que presenta, es esperada por campesinos para el riego.

¿Qué es la lluvia ácida?

Existe un proceso de contaminación ambiental que causa graves daños a la construcción, la agricultura, e incluso a la salud humana, denominado **lluvia ácida** y que corresponde a la alteración del pH de la lluvia, siendo disminuido considerablemente.

La lluvia ácida es un tipo de deposición ácida, que puede aparecer en muchas formas: como por ejemplo lluvia, nieve, aguanieve, niebla y deposición seca, que se produce cuando los gases y las partículas de polvo se vuelven más ácidos.

Este fenómeno, es causado por una reacción química que comienza cuando compuestos tales como el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), provenientes de la industria química y de la combustión de combustibles fósiles, salen al aire. Estos gases pueden alcanzar niveles

SABÍAS QUE

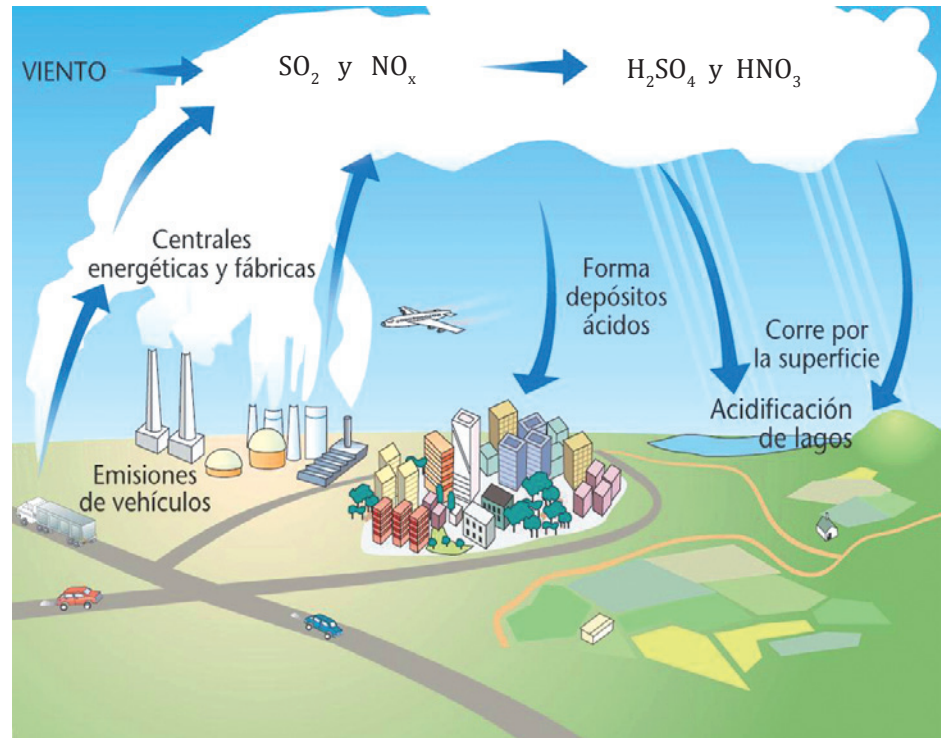
Después de cepillar tus dientes, el pH de la saliva en la boca, debe encontrarse con un valor alrededor de 7. Es decir un pH neutro, que no produce ningún daño a tus dientes. Si el pH es menor a 5,5 el esmalte comienza a perderse haciendo daño. Por ejemplo, si un pedazo pequeño de alimento se descompone en tu boca, genera gérmenes que la hacen más ácida y deterioran tus dientes. Por eso es importante reducir los efectos dañinos a los dientes y las encías, cepillándolos después de cada comida.



muy altos de la atmósfera, en donde se mezclan y reaccionan con agua, oxígeno y otras sustancias químicas y forman más contaminantes ácidos, que finalmente son conocidos como lluvia ácida.

El dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) se disuelven muy fácilmente en agua y pueden ser acarreados por el viento a lugares muy lejanos. En consecuencia, los dos compuestos pueden recorrer largas distancias, y convertirse en parte de la lluvia y la niebla que tenemos en ciertos días.

Observa atentamente la siguiente imagen, que muestra la formación de la lluvia ácida.



Según lo observado en la imagen:

- ¿Cuáles son los gases que reaccionan con agua para formar la lluvia ácida?
- ¿Cuáles son los ácidos presentes en la lluvia ácida?
- ¿Cuáles crees que son los principales efectos de la lluvia ácida?



En el sitio <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/what/index.html> podrás encontrar información complementaria sobre la lluvia ácida y sus efectos.



1 Completa los datos de la siguiente tabla, recordando que:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]; \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]; 14 = \text{pH} + \text{pOH}; K_w = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	pH	pOH	Sustancia
		1,3		Ácido
			2	
$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ M}$				
	$0,04 \cdot 10^{-4} \text{ M}$			

2 **Cuestionario.** Explica brevemente.

- ¿Por qué se indica que el agua es una especie anfótera?
- ¿Qué es la ionización y qué es el producto iónico del agua?
- ¿Cómo se establece la escala de pH?
- ¿Por qué una sustancia de pH 3 se clasifica como ácida y no como básica?

3 Lee atentamente las siguientes afirmaciones, posteriormente indica si son verdaderas (V) o falsas (F). Argumente brevemente ¿por qué consideras falsas las afirmaciones?

- ___ Si una disolución presenta $\text{pH} = 9$ es posible afirmar que se clasifica como ácido.
- ___ Una disolución de $\text{pH} = 5$, presenta una concentración de iones hidroxilos $[\text{OH}^-]$ igual a $1 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
- ___ Cuando $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$, la disolución es neutra.
- ___ Una disolución de $\text{pH} = 4$, presenta $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$
- ___ Si una disolución presenta $[\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$, se puede afirmar que la disolución es básica.

4 Completa la tabla presentada a continuación. ¿Los datos obtenidos concuerdan con las características ácido-base estudiadas en la actividad indagatoria de la página 164?. Justifica.

$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	pH	pOH	Sustancia
		3,0		Vinagre
10^{-5}			9	Champú
10^{-6}		6		Bicarbonato de sodio

DESAFÍO

Habilidades a desarrollar:

- Reconocer
- Comprender
- Aplicar
- Calcular
- Justificar



El alumno estratégico se conoce a sí mismo como aprendiz: planifica, regula y evalúa su propio proceso de aprendizaje, lo que lo lleva tanto a aprender significativamente. Reflexiona y responde las siguientes preguntas: ¿reconozco el avance que he logrado en mi aprendizaje?, ¿reconozco errores y aciertos de este proceso?, ¿asocio los conceptos y aplico los conocimientos adquiridos a los fenómenos que ocurren en mi entorno?

