

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLA, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA



Nombre del Curso:
334001-Sistema Metabólico Nutricional



Tema: Soluciones Buffer-Amortiguadoras

JAIRO ENRIQUE GRANADOS MORENO.,MSc
(Director Nacional)

2014

Soluciones Buffer ó Amortiguadoras

También se les denomina soluciones "Buffer" ó tampón y son aquellas que se oponen a los cambios de pH, cuando se les adicionan ácidos o álcalis (hidróxidos). su acción se basa principalmente en la absorción de hidrogeniones (H^+) ó iones hidróxilo (OH^-). En forma general, una solución amortiguadora está conformada por una mezcla binaria de un ácido débil y una sal del mismo ácido proveniente de base fuerte ó también, una base y una sal de esta base proveniente de un ácido fuerte.

Ejemplo:

- Mezcla de ácido acético y acetato de Sodio
- Hidróxido de amonio y cloruro de amonio

La aplicación más importante de estas soluciones reside en el estudio de la regulación del equilibrio ácido=base en los sistemas biológicos, por eso a nivel de experimentos bioquímicos se utilizan para controlar el pH de reacciones in vitro.

Un amortiguador biológico de vital importancia es el plasma sanguíneo, el cual regula valores de pH entre 7,2 y 7,3; con variaciones de 0,2 unidades se presentarían efectos letales para la vida. **1.1**

pH de una Solución Amortiguadora

Considerando que la solución amortiguadora es una mezcla de ácido débil con una sal del mismo ácido proveniente de base fuerte y además que un ácido débil se ioniza parcialmente, podemos representar la ionización de esta forma:



Aplicando la ley de acción de masas y teniendo en cuenta la constante de disociación se obtiene la siguiente expresión:

$$pH = pKa + \text{Log} \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Donde pK_a , representa el valor del potencial de la constante de acidez del ácido débil, $[A^-]$ es la concentración del anión común, equivalente a la sal y $[HA]$ indica la concentración del ácido débil que forma parte de la solución buffer. En consecuencia, la anterior ecuación se puede reescribir así:

$$pH = pK_a + \text{Log} \frac{[Sal]}{[Ácido]}$$

Esta expresión se conoce como ecuación de Henderson -Hasselbach y sirve para calcular el pH de mezclas de ácidos débiles y sus sales es decir, soluciones "Buffer", Tampón ó amortiguadoras

De acuerdo a esta ecuación, se puede deducir, que el pH de una solución amortiguadora, depende de dos factores:

- El valor del pK_a del ácido débil
- Las proporciones entre Las concentraciones de sal y ácido

1.2 Capacidad Amortiguadora

Se utiliza para comparar las eficiencias de las soluciones amortiguadoras y se define como: La cantidad en miliequivalentes (meq) de ácido o base fuerte que puede neutralizar la solución amortiguadora, sufriendo un cambio de pH en una unidad. Matemáticamente, se expresa como la relación cociente entre el incremento de ácido o base fuerte con respecto al incremento del pH, es decir:

$$\delta = \Delta B / \Delta (pH)$$

Donde: δ = Capacidad amortiguadora de la solución

ΔB = Incremento de ácido o base fuerte

meq / (pH) $\Delta (pH)$ = incremento en unidades de pH

Lo evidente es que esta capacidad, depende de dos factores:

a) Concentraciones absolutas del sistema

b) Proporción relativa de las formas disociada y sin disociar, siendo máxima cuando el cociente [sal]/[ácido] es próximo a la unidad.

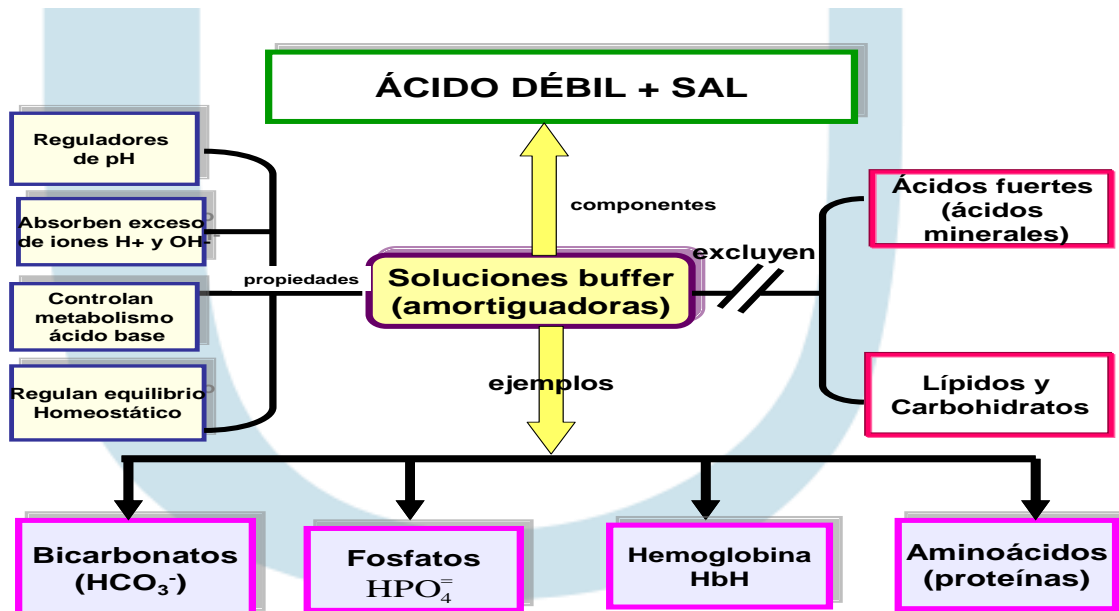
Sistemas amortiguadores fisiológicos

El equilibrio ácido-base de las células está condicionado por un conjunto de sistemas amortiguadores, porque estas funcionan dentro de límites estrechos de pH a causa de su metabolismo.

Los factores de amortiguación más sobresalientes en los organismos vivos, por su acción rápida y eficiente en la regulación del pH son:

- a. Sistema Bicarbonato
- b. Sistema Fosfato
- c. Hemoglobina
- d. Proteínas del plasma

La importancia y relevancia de cada uno, depende del tipo de organismo. El mentefacto mostrado en La figura 1, resume las características, propiedades y clasificación de las principales soluciones amortiguadoras, presentes en los organismos animales.



De acuerdo a Miles y Butcher(1995), profesores de la Universidad de Florida, los amortiguadores (buffers) en los fluidos corporales sirven como una defensa contra el cambio del PH .Cada compartimiento de fluido contiene tipos y características de sustancias disueltas, algunas que son amortiguadores a un pH fisiológico. Por eso, el pH es estabilizado por la capacidad amortiguadora de los fluidos corporales.

En animales existen básicamente cuatro principales amortiguadores que se localizan en los tres diferentes compartimientos fluidos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de amortiguadores fisiológicos y ubicación en los fluidos biológicos

FLUÍDO	SISTEMA AMORTIGUADOR
Sangre	Bicarbonato Hemoglobina Proteínas Fosfatos
Extracelular y cerebroespinal	Bicarbonato Proteínas Fosfatos
Intracelular	Proteínas Fosfatos Bicarbonato
Orina	Fosfato Amoníaco

Fuente: Miles y Butcher (1995)

Como se puede observar, con excepción del amoníaco en la orina y la hemoglobina en la sangre,

los amortiguadores en los compartimientos son idénticos. En consecuencia, el conocer como estas soluciones disueltas tienen la capacidad de amortiguar es esencial para poder entender al equilibrio ácido-base.

Sistema Bicarbonato (anhídrido carbónico/bicarbonato): Este es el buffer amortiguador principal en el fluido extracelular, dentro de la célula roja de la sangre y en el plasma. En este sistema el CO_2 se comporta como ácido volátil y su concentración puede ser controlada por medio de la tasa de respiración del animal.

La siguiente ecuación muestra la formación de iones de hidrógeno en las células rojas de sangre como resultado del transporte del gas carbónico del tejido a los pulmones :



Cuando la célula roja de sangre está dentro de los tejidos corporales esta reacción va hacia la derecha. En los pulmones la reacción va hacia la izquierda. Además, la presión parcial del CO_2 es más alta dentro de los tejidos y más baja en los pulmones. La reducción en la tasa de respiración permite la acumulación de CO_2 y mueve la ecuación hacia la derecha, la concentración de hidrogeniones se incrementa y el pH del fluido se reduce, lo que produce una condición conocida como acidosis respiratoria. Si la tasa de respiración es más rápida que lo normal, la ecuación se mueve hacia la izquierda y resulta la alcalosis respiratoria. Esto ocurre comúnmente en aves como resultado del jadeo debido al estrés por calor. Se puede controlar estos disturbios metabólicos, por medio de aumentar o reducir la tasa respiratoria.

Sistema Fosfato: Todos los fosfatos en el animal vienen de la dieta, a un pH de 7.40, la mayoría del fosfato en los compartimientos fluidos existe en la forma de las especies iónicas $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ y HPO_4^{-2} , cuando el pH en los fluidos corporales comienza a decaer, la especie HPO_4^{-2} se vuelve importante como un aceptante de protones y se convierte en la especie $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$, así cuando el pH se eleva por encima de 7.40, la especie $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ dona un protón al fluido y se convierte de nuevo en la especie HPO_4^{-2} . El sistema fosfatos es el amortiguador más importante en la orina, debido a que los protones excretados en la orina son principalmente en la forma de la especie $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$.

Durante la acidosis prolongada, la amortiguación por fosfato es muy importante, lo cual se relaciona con los huesos, debido a que son una buena reserva de amortiguadores como el fosfato cálcico que se presenta en forma de hidroxiapatita, el cual no es muy soluble, pero su solubilidad es mayor durante la acidosis y algo de fosfato cálcico en los huesos se convierte en solución. Esto ocurre comúnmente en las ponedoras cuando los huesos están suministrando calcio para la calcificación del cascarón de huevo, entonces, el fosfato cálcico se disocia y se convierte en Ca^{+2} y PO_4^{-3} , inmediatamente la especie PO_4^{-3} acepta un protón y se convierte en la especie HPO_4^{-2} . Durante la acidosis esta reacción continúa y la especie HPO_4^{-2} acepta otro protón y se convierte a $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$. Así pues, durante la acidosis los huesos pueden ayudar a mantener el equilibrio ácido-base por medio de proporcionar la especie de fosfato que acepta protones, incrementando el pH al nivel deseado 7,4

Hemoglobina : La hemoglobina es un amortiguador muy importante y sólo se encuentra en la célula roja de la sangre. Sirve como un amortiguador excelente por varias razones. Las dos razones principales son su alta concentración en la sangre y su altísimo contenido del aminoácido histidina. Este aminoácido tiene una cadena lateral única llamada imidazol. Esta cadena, puede atraer a los protones y sacarlos de los fluidos corporales o puede donar protones dichos fluidos en el intento de mantener el pH cerca de 7.40. Las otras proteínas en los compartimentos de fluido, también le deben su capacidad de amortiguar a esta cadena lateral. La albúmina es la proteína del plasma más abundante y contribuye en forma significativa a la amortiguación de la sangre. El fluido intracelular está lleno de proteínas que funcionan como el sistema más importante de amortiguación dentro de la célula. En condiciones metabólicas la Hb se comporta como un ácido débil y la oxihemoglobina como un ácido más fuerte que la Hb reducida (es decir aquella que lleva un hidrogenión \rightarrow HHb). Es importante anotar, que la Hb incide sobre el transporte del CO_2 por la sangre, veamos como lo hace: En las células por efecto de la respiración celular se produce gas carbónico que pasa a la sangre penetrando los hematíes, quienes contienen la enzima anhidrasa carbónica y convierten al CO_2 en ácido carbónico (H_2CO_3), este se disocia en iones bicarbonato e hidrógeno, que harían descender el pH, de no ser capturados rápidamente por la HbO_2^- , que se transforma en oxihemoglobina reducida (HHbO_2).