

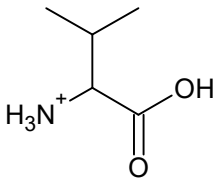
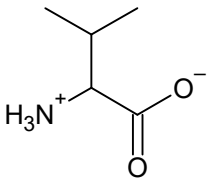
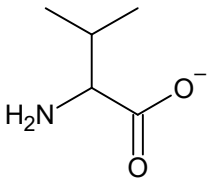
## Punto isoeléctrico de un aminoácido

Los aminoácidos pueden presentar diferentes formas ionizadas en solución debido a la presencia en sus moléculas de grupos de carácter ácido o básico, y esta forma es dependiente del pH. Se observa así que, según el valor del pH del medio, los aminoácidos pueden existir como iones con diferentes cargas netas. Quiénes determinan qué ion es el presente a un determinado pH son los valores de  $pK_a$  de los grupos  $\alpha$ -amino,  $\alpha$ -carboxilo y de los grupos ionizables de la cadena lateral (si existen).

Denominamos **punto isoeléctrico** (pI) de un aminoácido al pH al cual no tiene carga neta. En otras palabras, es el pH al cual la cantidad de carga positiva de un aminoácido es exactamente igual a la cantidad de carga negativa.

### AMINOÁCIDOS SIN CADENAS LATERALES IONIZABLES

Por ejemplo, consideremos el caso de la valina. Los valores de  $pK_a$  para este aminoácido son 2,32 para el grupo  $\alpha$ -carboxilo y 9,62 para el grupo  $\alpha$ -amino (no presenta grupos ionizables en la cadena lateral). Por ello, la valina puede presentar tres formas ionizadas diferentes: una a pH menor que 2,32, otra a pH entre 2,32 y 9,62, y otra a pH mayor a 9,62. Podemos resumir esta información de la siguiente manera:

			
pH			
	2,32	9,62	
<b>Carga neta</b>	+1	0	-1

Se puede observar que a pH menor a 2,32 ambos grupos ionizables están en forma ácida, por lo que sólo el grupo  $\alpha$ -amino está cargado; esto hace que en esos valores de pH la carga neta sea +1. Si consideramos los pH mayores a 9,62 ambos grupos ionizables están en forma básica, por lo que sólo el grupo  $\alpha$ -carboxilo está cargado; esto hace que en esos valores de pH la carga neta sea -1. Ahora, a pH entre 2,32 y 9,62, el grupo  $\alpha$ -amino está en su forma ácida, y por tanto con carga +1, y el grupo  $\alpha$ -carboxilo está en su forma básica, y por tanto con carga -1; si consideramos la carga neta del aminoácido, que es la suma de todas las cargas presentes, nos da 0. Esto quiere decir que el punto isoeléctrico de la valina será un valor entre 2,32 y 9,62, en específico el promedio de estos dos valores:

$$pI = \frac{2,32 + 9,62}{2} = 5,97$$

Por lo general, los puntos isoeléctricos de los aminoácidos que no presentan una cadena lateral ionizable son valores cercanos al 7, y se determinan calculando el promedio de los valores de  $pK_a$  del grupo  $\alpha$ -amino y del  $\alpha$ -carboxilo.

## AMINOÁCIDOS CON CADENAS LATERALES IONIZABLES

Cuando las cadenas laterales de los aminoácidos presentan grupos ionizables, la situación se vuelve más compleja, ya que el  $pK_a$  adicional de la cadena lateral provoca que se genere otro intervalo de pH y una especie ionizada extra.

Consideremos el caso del ácido aspártico, que presenta un grupo carboxilo adicional en la cadena lateral. Los valores de  $pK_a$  para este aminoácido son 2,09 para el grupo  $\alpha$ -carboxilo, 9,82 para el grupo  $\alpha$ -amino y 3,86 para el grupo carboxilo de la cadena lateral. Por ello, el ácido aspártico puede presentar cuatro formas ionizadas diferentes: una a pH menor que 2,09, otra a pH entre 2,09 y 3,86, otra a pH entre 3,86 y 9,82, y otra a pH mayor a 9,82. Podemos resumir esta información de la siguiente manera:

pH		2,09	3,86	9,82
<b>Carga neta</b>	+1	0	-1	-2

Si se analizan las cargas netas, se puede observar que el aminoácido tiene carga neta nula en el intervalo de pH de 2,09 a 3,86. Su punto isoeléctrico va a estar entre 2,09 y 3,86, en específico en el promedio de esos dos valores:

$$pI = \frac{2,09 + 3,86}{2} = 2,975$$

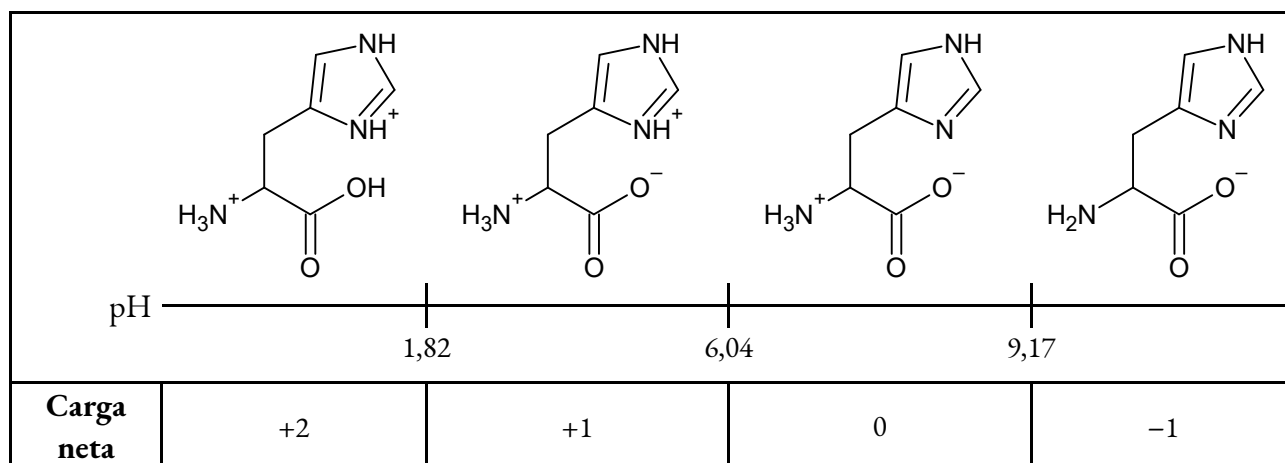
Por otro lado, consideremos el caso de la lisina, que presenta un grupo amino adicional en la cadena lateral. Los valores de  $pK_a$  para este aminoácido son 2,18 para el grupo  $\alpha$ -carboxilo, 8,95 para el grupo  $\alpha$ -amino y 10,79 para el grupo amino de la cadena lateral. Por ello, la lisina puede presentar cuatro formas ionizadas diferentes: una a pH menor que 2,18, otra a pH entre 2,18 y 8,95, otra a pH entre 8,95 y 10,79, y otra a pH mayor a 10,79. Podemos resumir esta información de la siguiente manera:

pH		2,18	8,95	10,79
<b>Carga neta</b>	+2	+1	0	-1

Si se analizan las cargas netas, se puede observar que el aminoácido tiene carga neta nula en el intervalo de pH de 8,95 a 10,79. Su punto isoeléctrico va a estar entre 8,95 y 10,79, en específico en el promedio de esos dos valores:

$$pI = \frac{8,95 + 10,79}{2} = 9,87$$

De acuerdo con esto podemos decir que, por lo general, los aminoácidos con una cadena lateral ácida presentan un punto isoeléctrico bastante menor a 7 (correspondiente con pH ácidos) y aminoácidos con cadenas laterales básicas presentan un punto isoeléctrico bastante mayor a 7 (correspondiente a pH básicos). Una excepción particular a esta regla es el del aminoácido histidina, que presenta un grupo amino adicional en la cadena lateral, y por lo tanto se clasifica como un aminoácido básico. Los valores de  $pK_a$  para este aminoácido son 1,82 para el grupo  $\alpha$ -carboxilo, 9,17 para el grupo  $\alpha$ -amino y 6,04 para el grupo amino de la cadena lateral. Se observa que el  $pK_a$  del grupo amino de la cadena lateral es menor al del grupo  $\alpha$ -amino, comportamiento diferente al del resto de los aminoácidos básicos. Las diferentes formas de la histidina se pueden resumir de la siguiente manera:



Si se analizan las cargas netas, se puede observar que el aminoácido tiene carga neta nula en el intervalo de pH de 6,04 a 9,17. Su punto isoeléctrico va a estar entre 6,04 y 9,17, en específico en el promedio de esos dos valores:

$$pI = \frac{6,04 + 9,17}{2} = 7,605$$

Este valor, si bien es mayor a 7, no es significativamente mayor, como es esperable en los aminoácidos básicos.

Como regla general, puede decirse que para calcular el punto isoeléctrico de aminoácidos con cadenas laterales ionizables se hace el promedio de los  $pK_a$  de los grupos que se ionizan de forma similar: que ambos tienen carga negativa en forma básica, o bien que ambos tienen carga positiva en forma ácida. En el caso del ácido aspártico, fue el promedio de los  $pK_a$  de los dos grupos carboxilo y en el caso de la lisina y la histidina fue el promedio de los  $pK_a$  de los dos grupos amino.

## BIBLIOGRAFÍA

- Timberlake, K. (2013). *Química general, orgánica y biológica: estructuras de la vida*. México: Pearson Educación.
- Yurkanis Bruice, P. (2008). *Química orgánica*. México: Pearson Educación.