

*Universidad Central de Venezuela*  
*Facultad de Ciencias Veterinarias*  
*Cátedra de Bioquímica*

*Unidad 2. Objetivo 3.*

*Describir las características estructurales y  
funcionales de las coenzimas*

*( 3 horas de clases teóricas)*

*Prof<sup>a</sup>. Emma Rueda de Arvelo*

# Coenzimas

*Moléculas que pueden asociarse a ciertas enzimas para permitir la catálisis enzimática, específicamente en reacciones de :*

*Oxidoreducción*

*Transferencia de grupos*

*Isomerización*

*Formación de enlaces covalentes*

## *Las Coenzimas pueden ser*

➤ *Iones metálicos :  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$*

*(cofactores)*

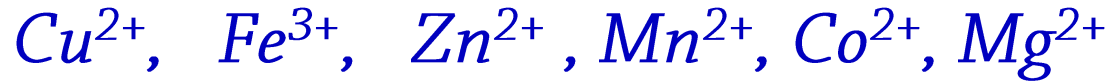
➤ *Moléculas orgánicas:*

▪ *Asociadas de forma transitoria a la enzima  
(cosustratos)*

▪ *Asociadas de forma permanente a la enzima  
(grupos prostéticos)*

# *Metaloenzimas*

➤ *Requieren iones metálicos (cofactores):*



➤ *¿Cómo participan los iones metálicos en la catálisis?*

- *Como puente de unión con el sustrato*

- *Como elementos de oxido reducción*

- *Como protectores de cargas negativas o estabilización electrostática*

# *Clasificación de las coenzimas*

## *1. Según su origen*

- *Vitamínicas*
- *No Vitamínicas*

## *2. Según su estructura*

- *Nucleotídicas*
- *No Nucleotídicas*

## *3. Según su función*

- *Intervienen en reacciones de oxido-reducción*
- *Intervienen en reacciones de transferencias de grupos, isomerización ó formación de enlaces covalentes*

# *Vitaminas*

*Son nutrientes orgánicos imprescindibles en la dieta en cantidades muy pequeñas, para el mantenimiento de la integridad metabólica normal.*

*“No pueden ser sintetizadas por los animales por lo que se requieren en la dieta”*

# *Clasificación de las vitaminas*

- *Liposolubles:*

*Solubles en solventes orgánicos, los excesos se acumulan en el tejido adiposo, produciendo intoxicación.*

*Vitaminas A, D, E, K.*

- *Hidrosolubles:*

*Solubles en agua, no se acumulan, se eliminan por la orina*

*Vitamina C*

*Complejo B: B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>8</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>*

# *Vitaminas hidrosolubles*

*Todas las vitaminas hidrosolubles son precursores de COENZIMAS*

*La carencia de una vitamina se traduce en la inhibición de la reacción en la que está implicada, con las consecuencias biológicas previsibles.*



*Coenzimas según su origen*

# Coenzimas de origen vitamínico

## Coenzima

## Vitamina

*Pirofosfato de tiamina*

*B1*

*Tiamina*

*FMN y FAD*

*B2*

*Riboflavina*

*NAD<sup>+</sup> y NADP<sup>+</sup>*

*B3*

*Niacina*

*Coenzima A*

*B5*

*Ácido pantoténico*

*Fosfato de Piridoxal*

*B6*

*Piridoxina*

*Biotina*

*B8*

*Biotina*

*Ácido Tetrahidrofólico*

*B9*

*Ácido fólico*

*Metilcobalamina*

*B12*

*Cobalamina*

*Ácido ascórbico*

*C*

*Vitamina C*

# *Coenzimas de origen no vitamínico*

*Coenzima Q*

*Tetrahidrobiopterina*

*Ácido Lipoico o lipoamida*

*Nucleótidos*

*S-adenosilmetionina*

*Hemo*

*Coenzimas según su estructura*

# *Coenzimas de estructura nucleotídica*

*FMN y FAD*

*NAD<sup>+</sup> y NADP<sup>+</sup>*

*Coenzima A*

*Metilcobalamina*

*S-adenosilmetionina*

*Nucleótidos*

# *Coenzimas de estructura no nucleotídica*

*Pirofosfato de tiamina*

*Fosfato de piridoxal*

*Biotina*

*Ácido fólico*

*Ácido ascórbico*

*Coenzima Q*

*Ácido lipoico*

*Tetrahidrobiopterina*

*Hemo*

# *Coenzimas según su función*

# *Coenzimas que intervienen en reacciones de oxido reducción*

*FMN y FAD*

*NAD<sup>+</sup> y NADP<sup>+</sup>*

*Ácido ascórbico*

*Coenzima Q*

*Tetrahidrobiopterina*

*Ácido lipoico o lipoamida*

*Hemo*



# Coenzimas que transfieren diversos grupos

## Coenzima

## Grupo

*Pirofosfato de Tiamina*

*Aldehído, carboxilo*

*Coenzima A y Ácido lipoico*

*Acilo*

*Ácido fólico*

*Monocarbono*

*Metilcobalamina y S-adenosilmetionina*

*Metilo*

*ATP, ADP, GTP, GDP, UTP, UDP,  
CTP, CDP, TTP, TDP*

*Fosfato*

*Fosfato de piridoxal*

*Amino, carboxilo*

# *Características de las coenzimas*

# PIROFOSFATO DE TIAMINA

*Precursor vitamínico:* Tiamina (Vitamina B<sub>1</sub>)

*Fuentes:* germen de trigo, levadura, verduras, vísceras, huevos, leche.

*Sitio activo:* C2 del anillo de tiazol

*Clasificación:*

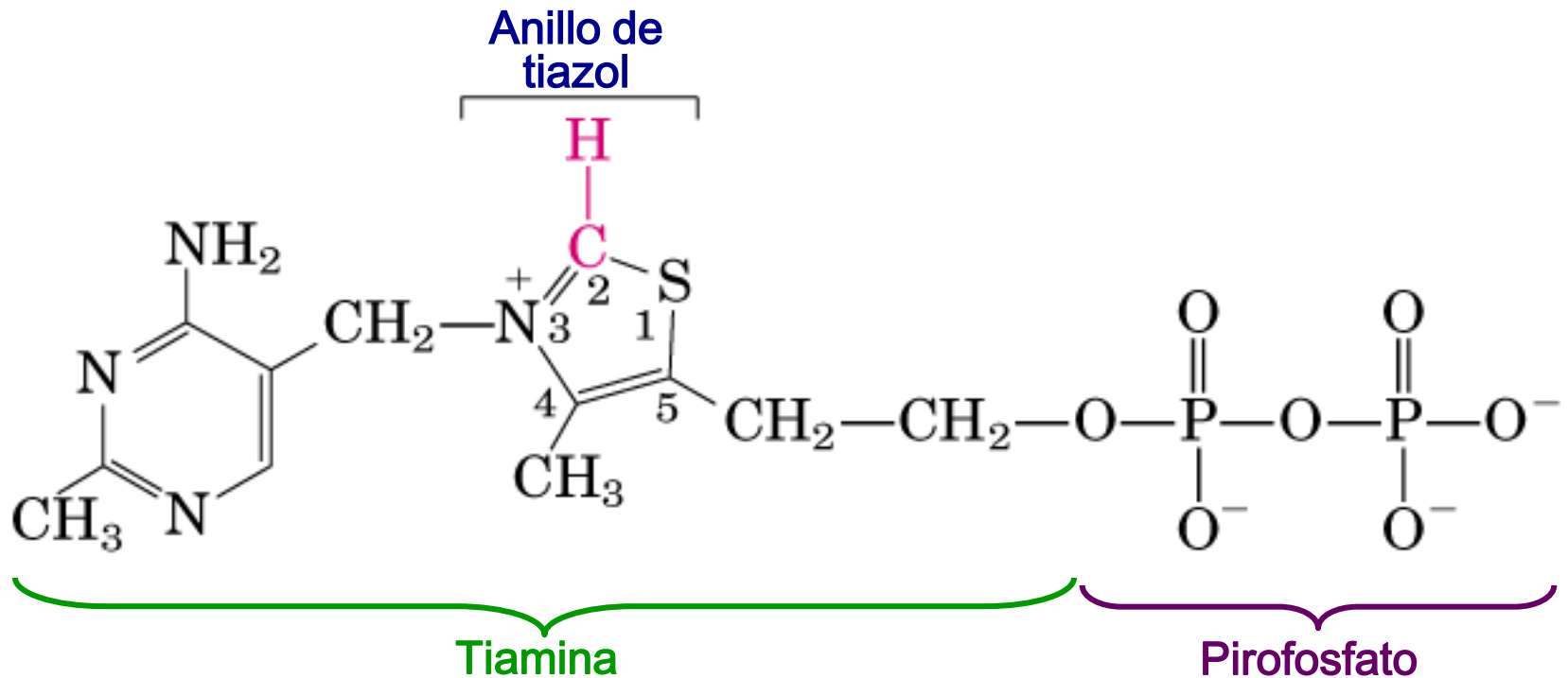
*Origen:* Vitamínica

*Estructura:* NO Nucleotídica

*Función:* Transferencia de grupos aldehído y carboxilo

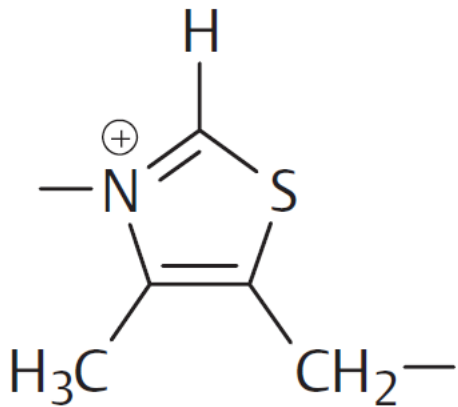
# PIROFOSFATO DE TIAMINA

(difosfato de tiamina)

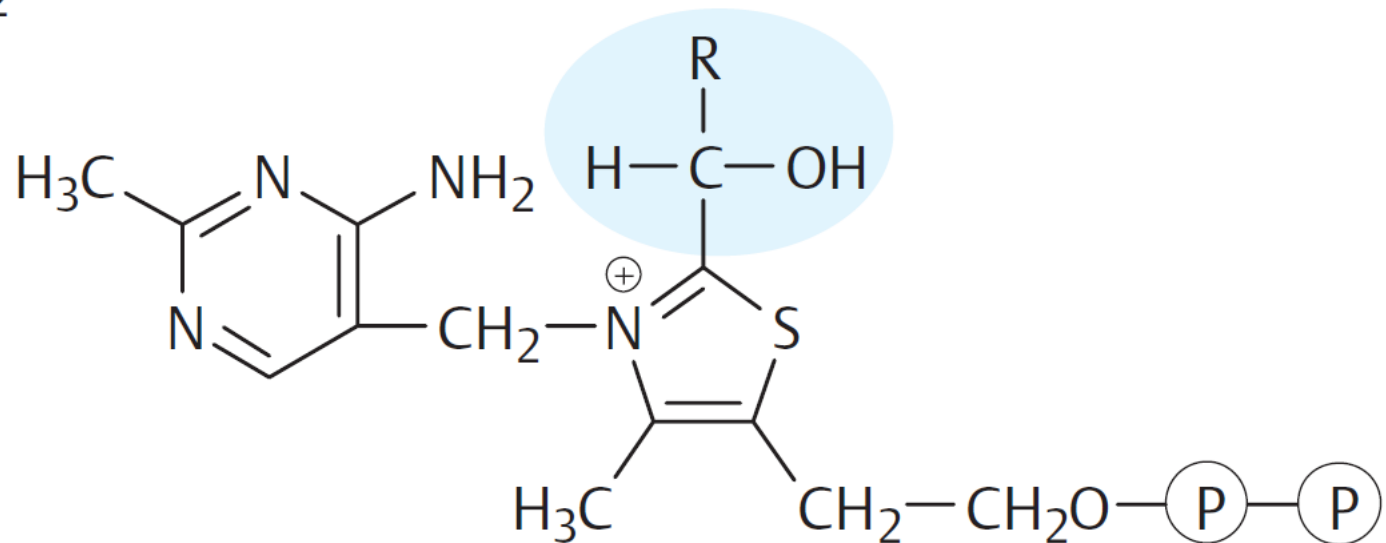


# PIROFOSFATO DE TIAMINA (difosfato de tiamina)

Forma libre



Forma cargada



# *FMN (FLAVIN MONONUCLEÓTIDO)*

*Precursor vitamínico: Riboflavina (Vitamina B<sub>2</sub>)*

*Fuentes: vísceras, carne, leche, huevos, levaduras, verduras*

*Sitio activo: N1 y N5 del anillo Isoaloxacina*

*Clasificación:*

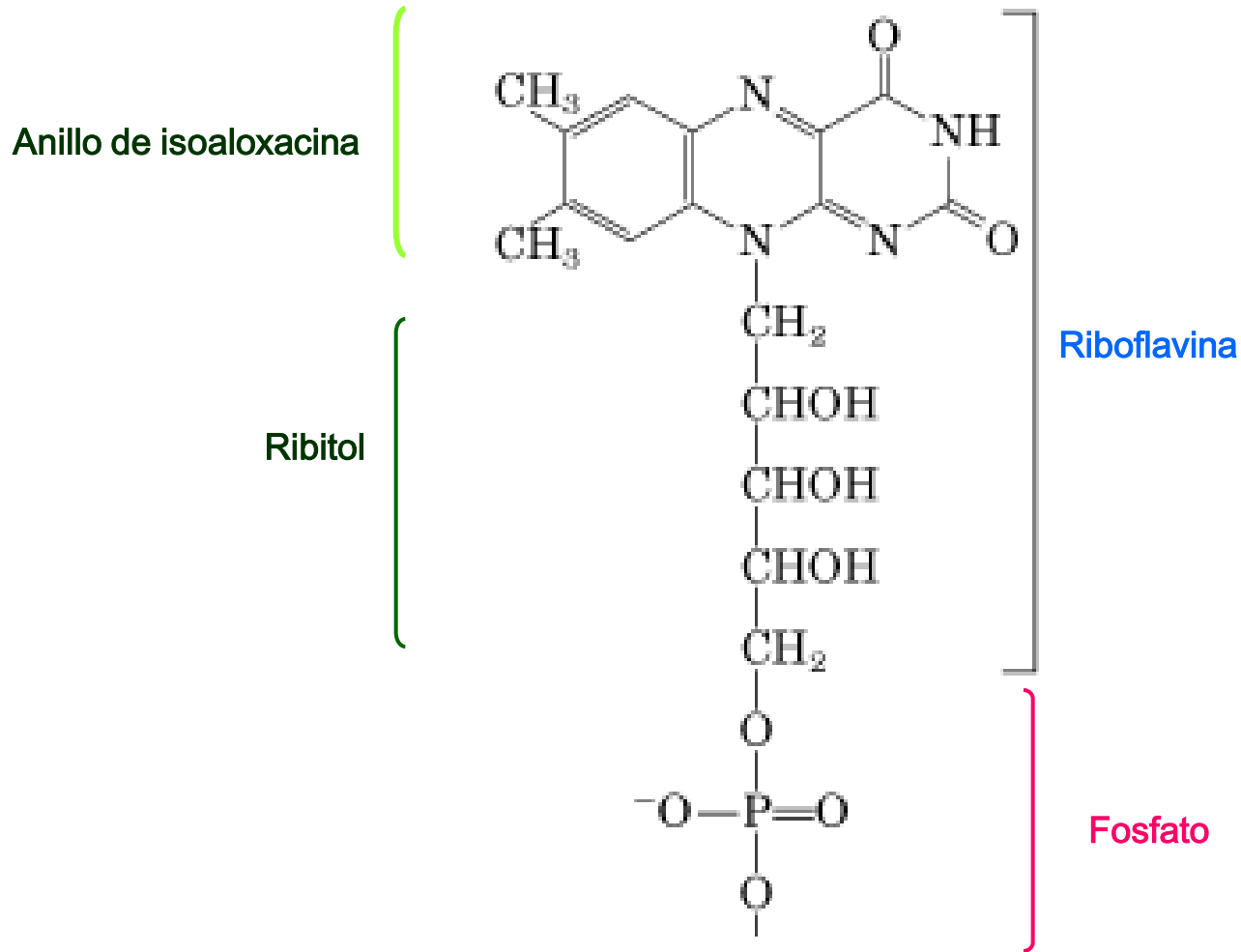
*Origen: Vitamínica*

*Estructura: Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*

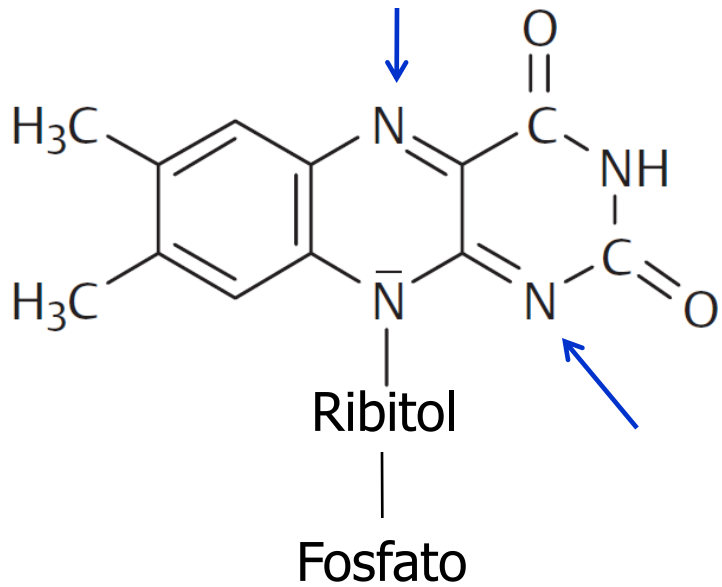
*Es un grupo prostético de enzimas oxidoreductasas*

# *FMN* (*FLAVIN MONONUCLEÓTIDO*)



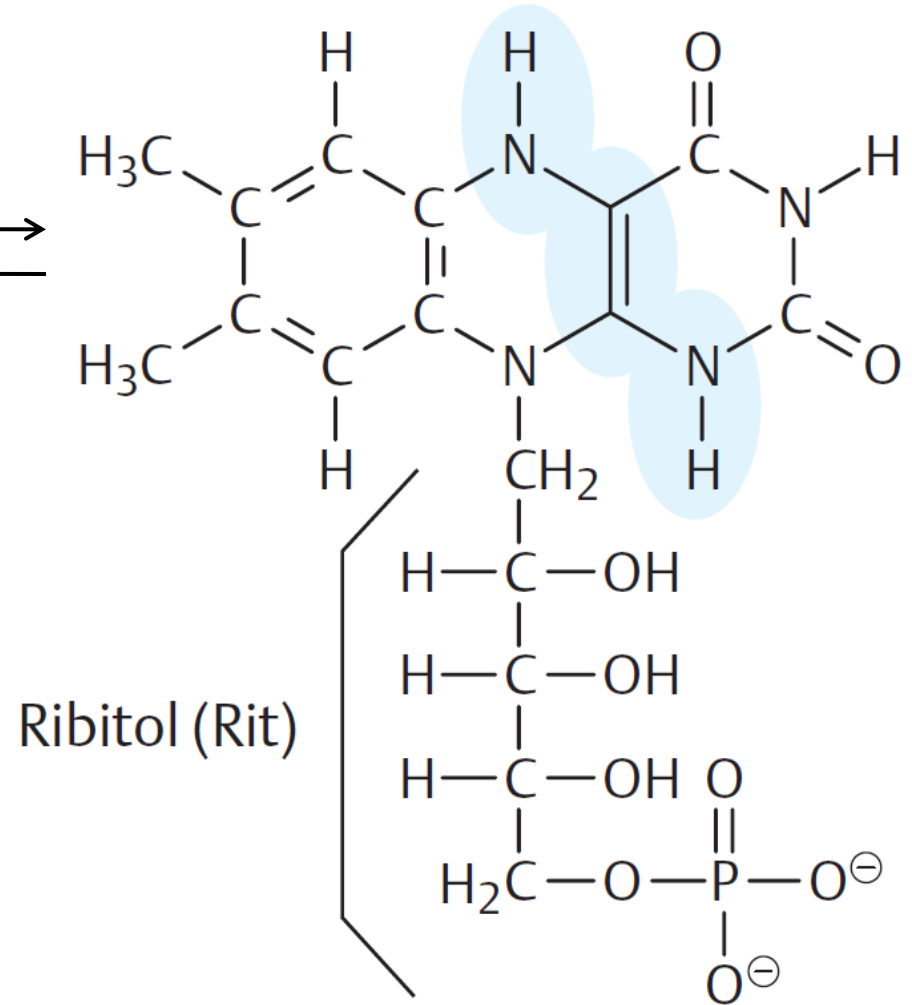
Forma oxidada

FMN



Forma reduzida

FMNH<sub>2</sub>





# *FAD (FLAVIN ADENIN DINONUCLEÓTIDO)*

*Precursor vitamínico: Riboflavina (Vitamina B<sub>2</sub>)*

*Fuentes: vísceras, carne, leche, huevos, levaduras, verduras*

*Sitio activo: N1 y N5 de Isoaloxacina*

## *Clasificación:*

*Origen: Vitamínica*

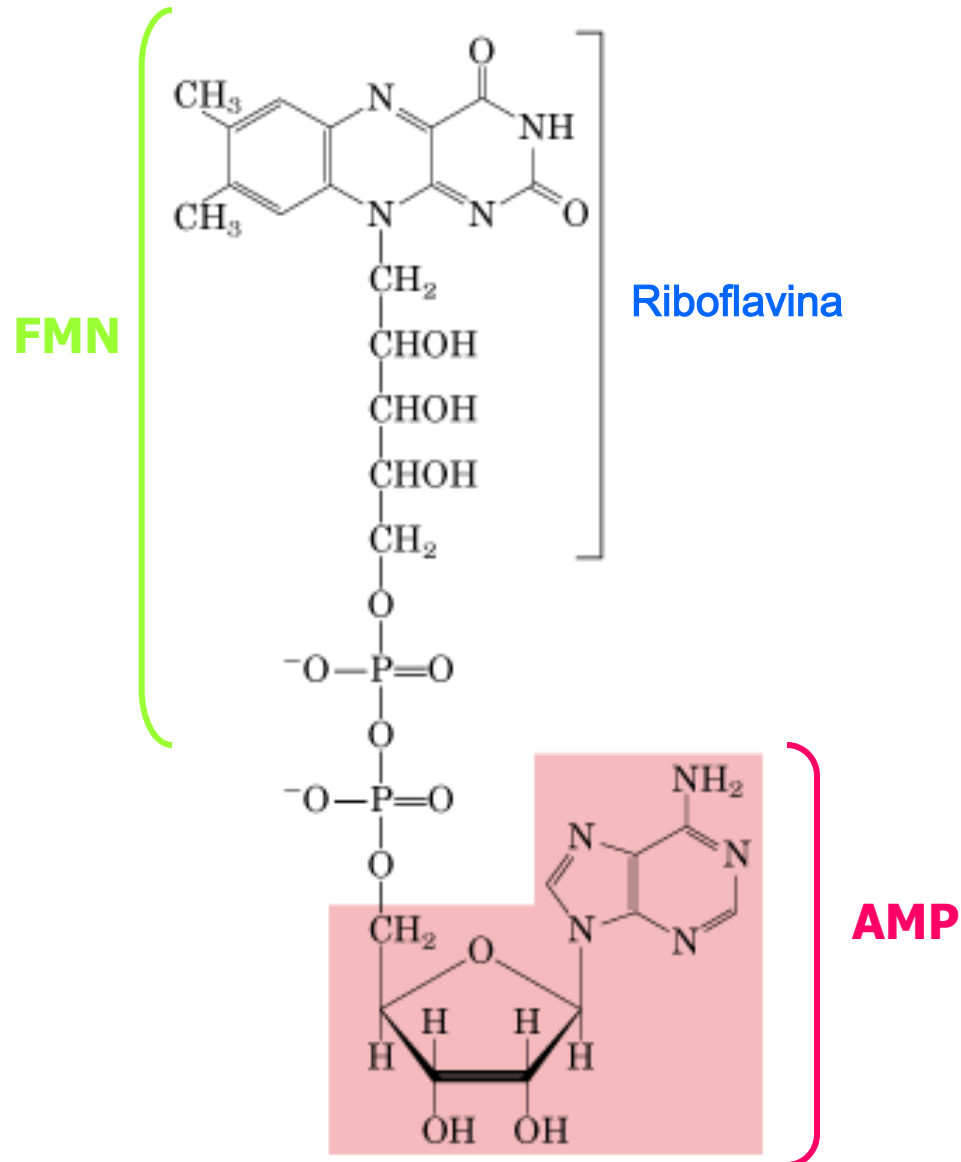
*Estructura: Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*

*Es un grupo prostético de enzimas oxidoreductasas*

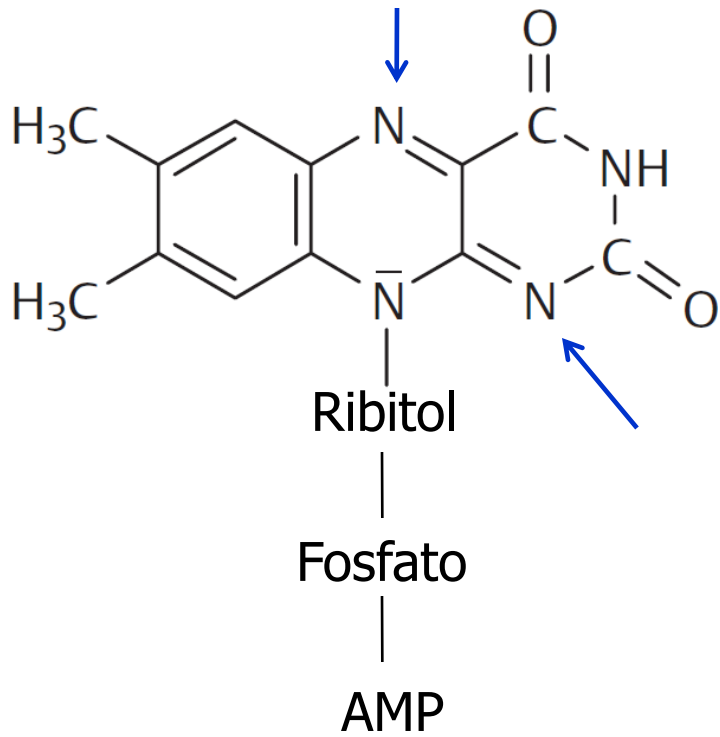
# FAD

(FLAVINA ADENINA DINONUCLEÓTIDO)



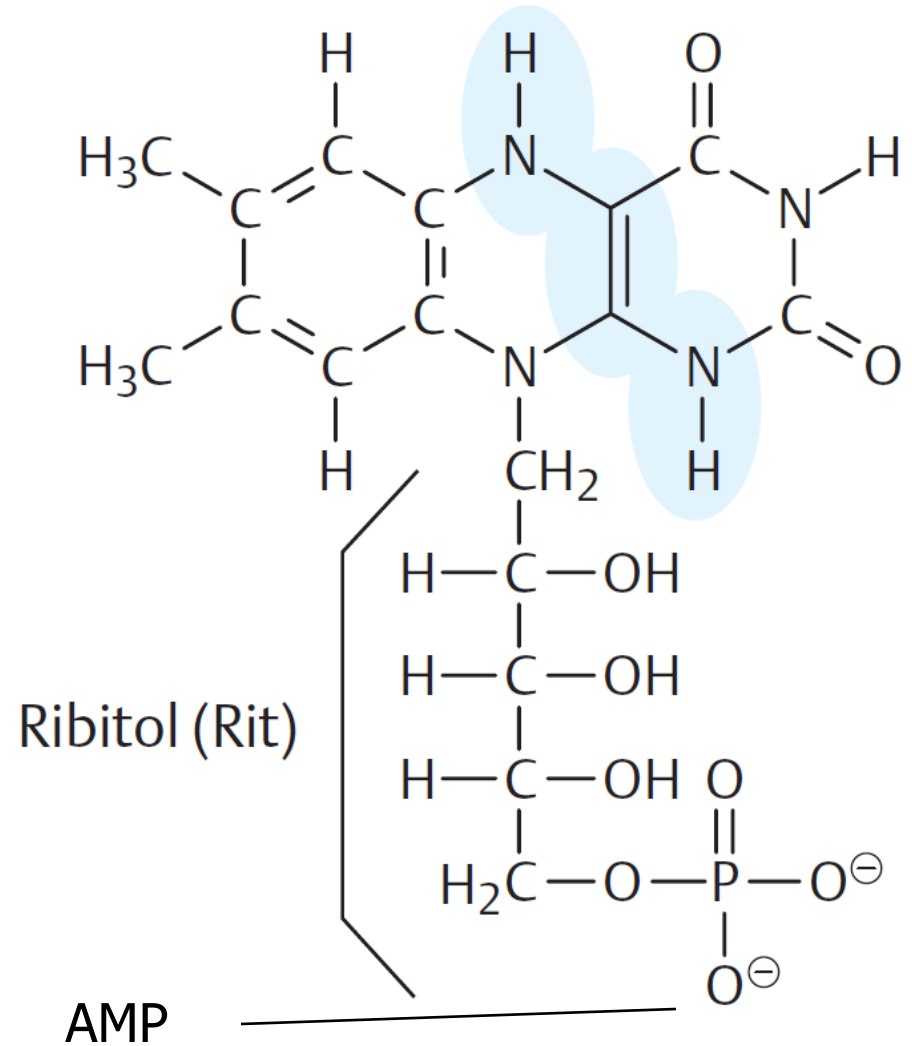
Forma oxidada

FAD



Forma reducida

FADH<sub>2</sub>



*NAD<sup>+</sup>*

*(NICOTINAMIN ADENIN DINUCLEÓTIDO )*

*Precursor vitamínico: Niacina (Vitamina B<sub>3</sub>)*

*Fuentes: vísceras, carne, levaduras, verduras, cereales*

*Sitio activo: C4 de nicotinamida*

*Clasificación:*

*Origen: Vitamínica*

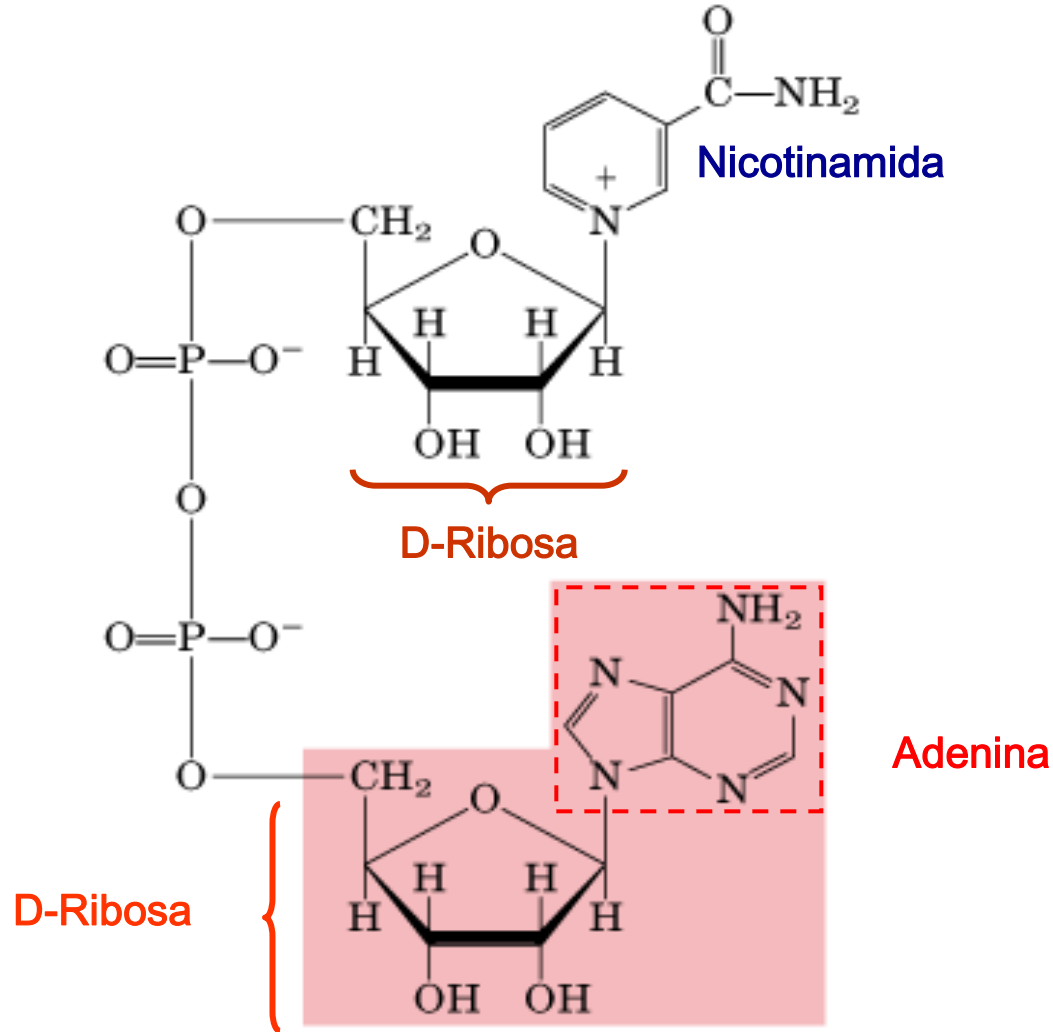
*Estructura: Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*

*Es una coenzima de enzimas deshidrogenasas*

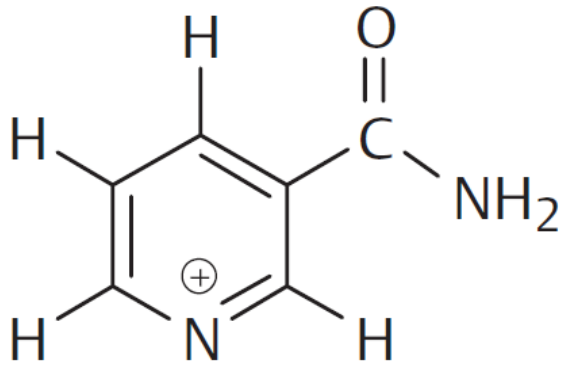


(NICOTINAMIDA ADENINA DINUCLEÓTIDO)



Forma oxidada

NAD<sup>+</sup>



Ribosa

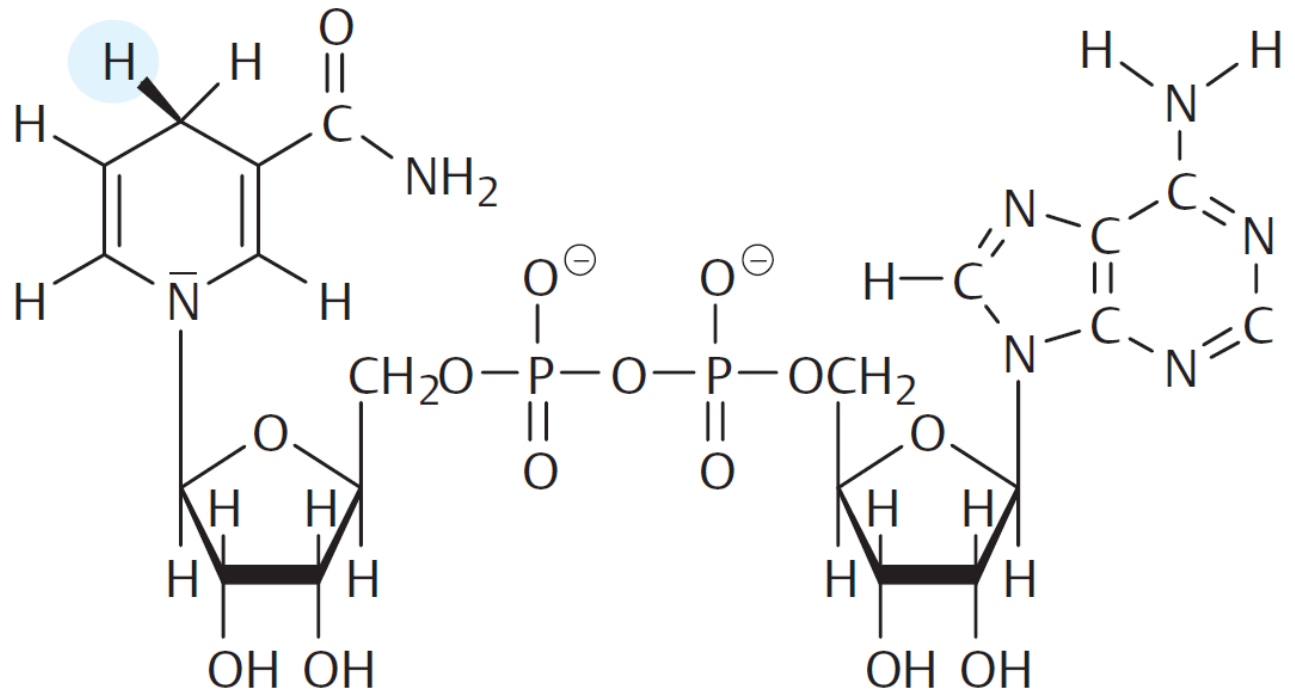
Pirofosfato

Ribosa

Adenina

Forma reducida

NADH+H<sup>+</sup>



# *NADP<sup>+</sup>*

*(NICOTINAMIDA ADENINA DINUCLEÓTIDO FOSFATO)*

*Precursor vitamínico: Niacina (Vitamina B<sub>3</sub>)*

*Fuentes: vísceras, carne, levaduras, verduras, cereales*

*Sitio activo: C4 de nicotinamida*

## *Clasificación:*

*Origen: Vitamínica*

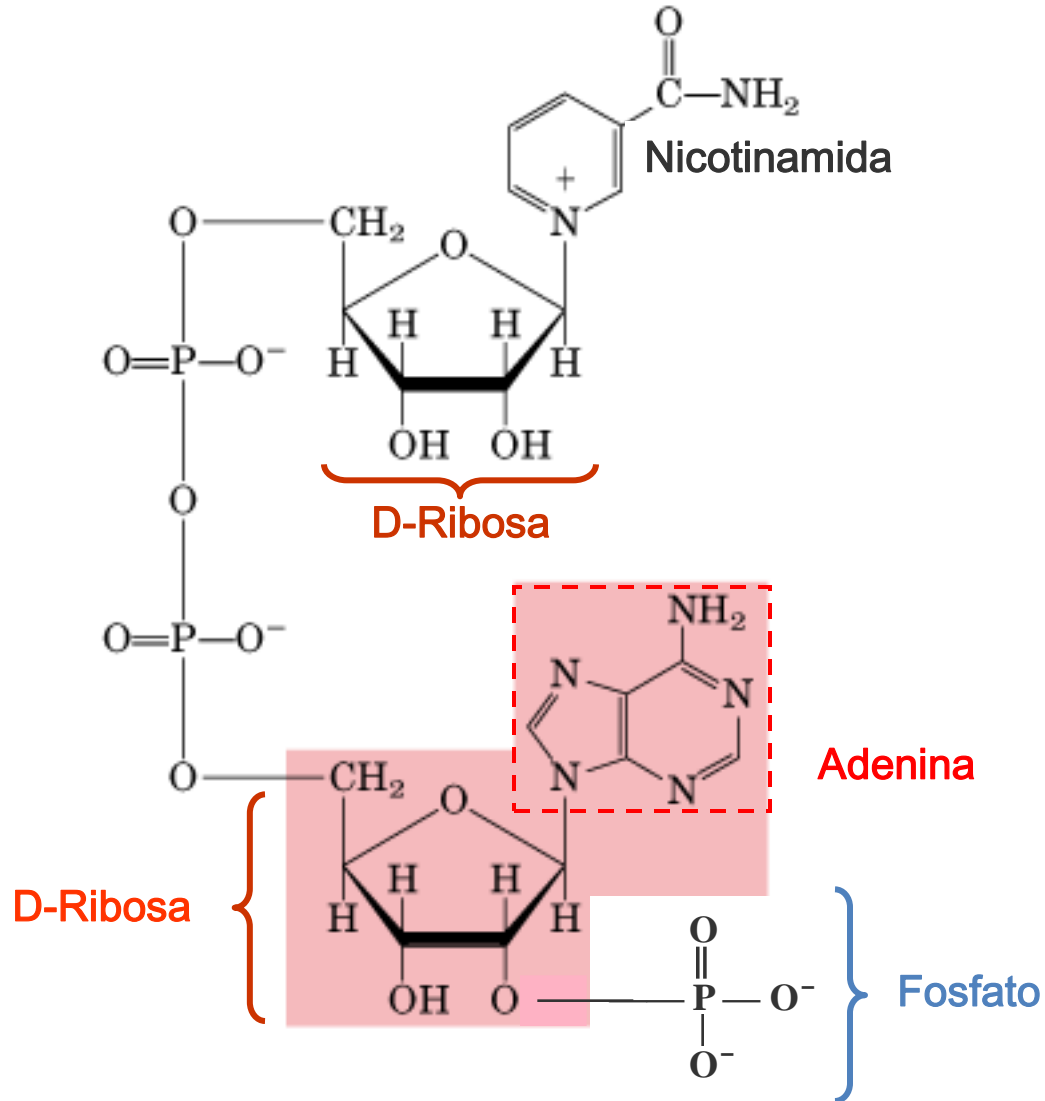
*Estructura: Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*

*Es una coenzima de enzimas deshidrogenasas o reductasas*

# NADP<sup>+</sup>

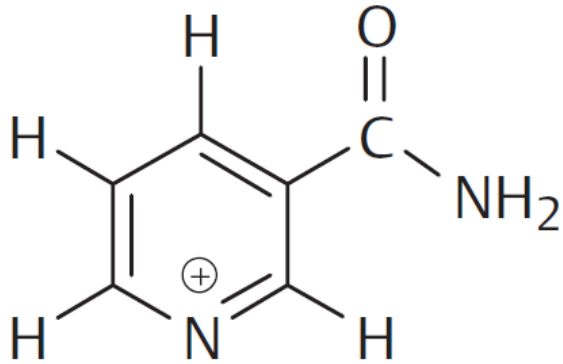
(NICOTINAMIDA ADENINA DINUCLEÓTIDO FOSFATO)





# Forma oxidada

NADP<sup>+</sup>



Ribosa

Pirofosfato

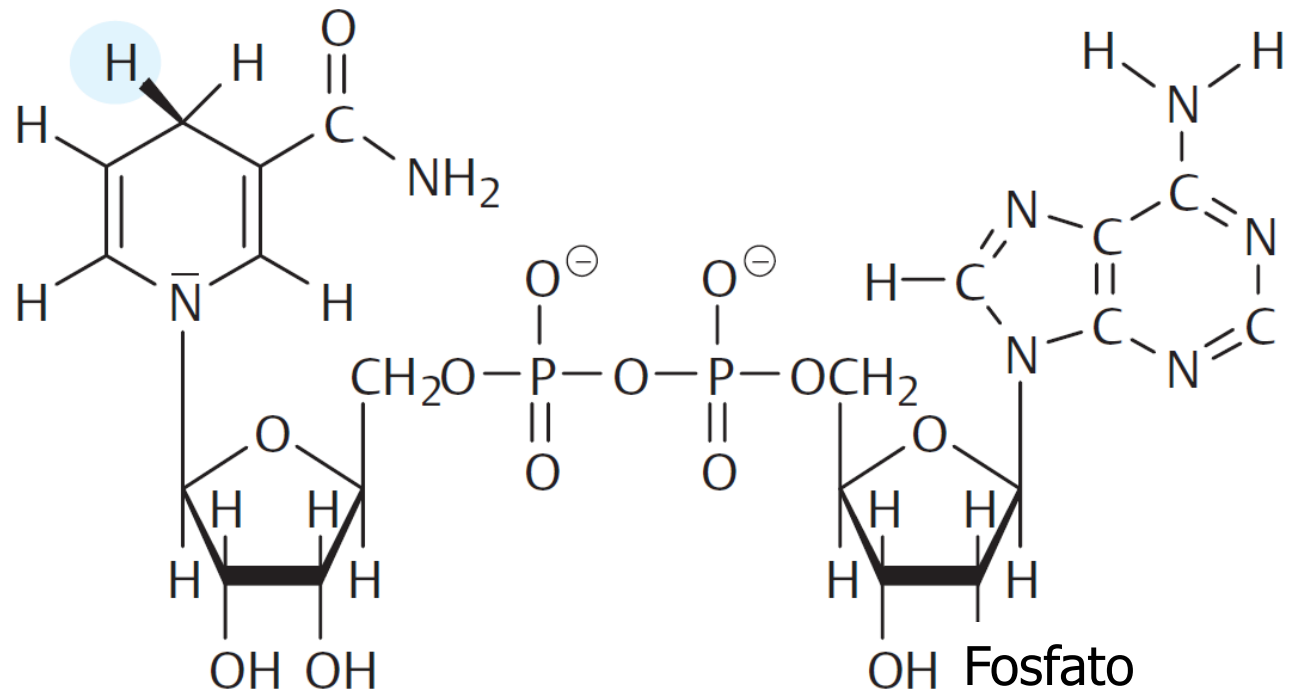
Ribosa

Fosfato

Adenina

# Forma reduzida

NADPH+H<sup>+</sup>



# COENZIMA A (CoA-SH)

*Precursor vitamínico: Ácido pantoténico (B5)*

*Fuentes: vísceras, carne, huevos, leche, levaduras, cereales, leguminosas*

*Sitio activo: SH (grupo sulfidrilo)*

## *Clasificación:*

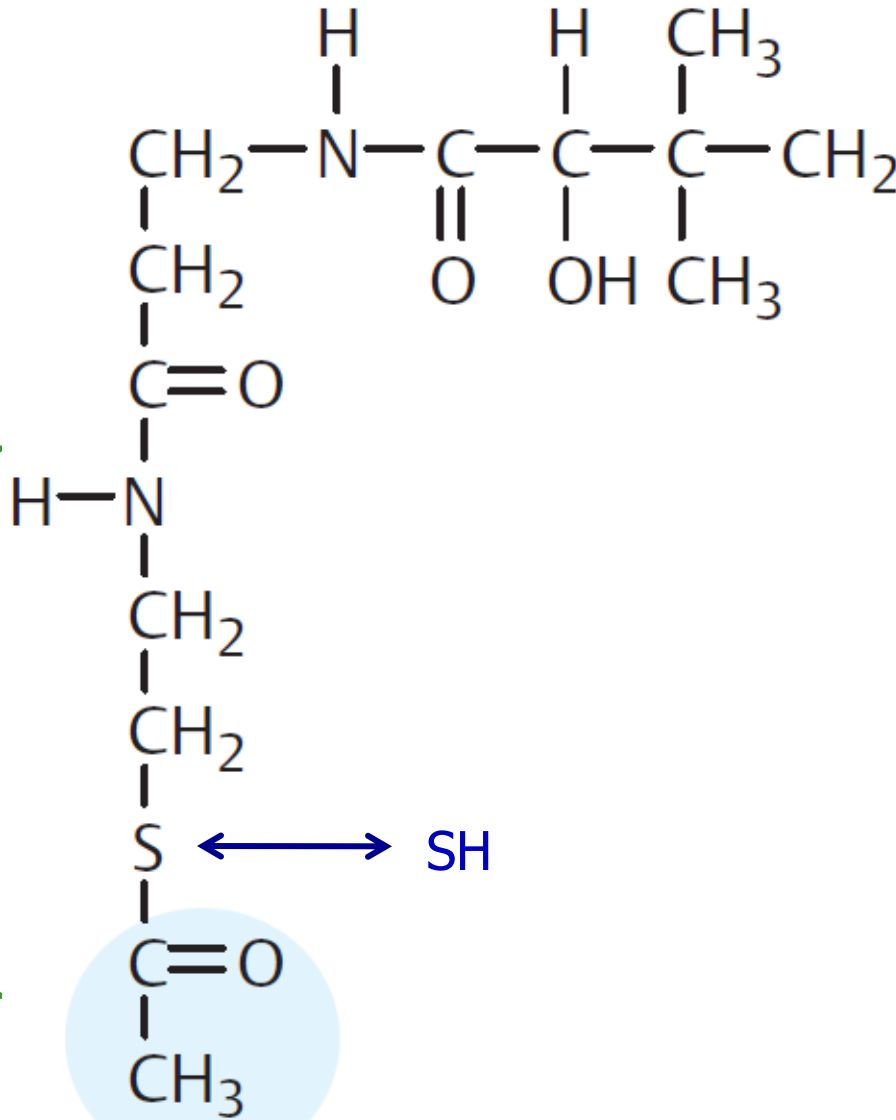
*Origen: Vitamínica*

*Estructura: Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de transferencia de grupos acilo*

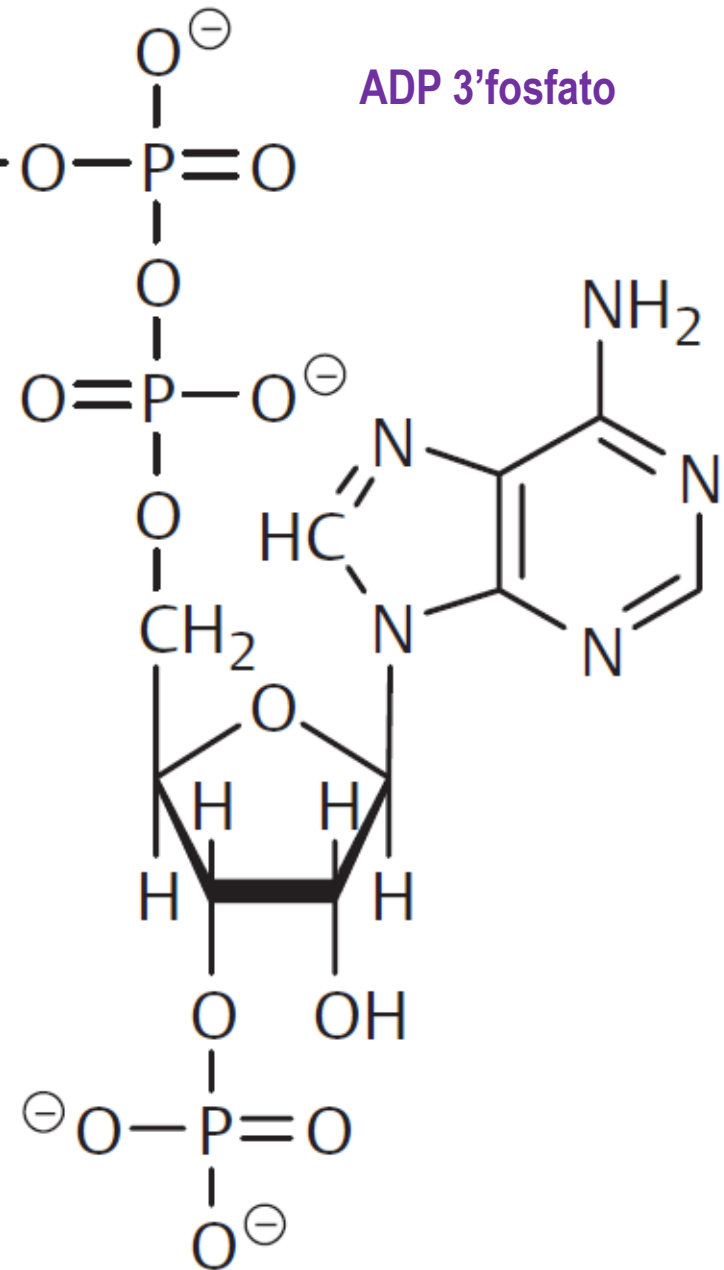
4-Fosfopanteteína

Ácido pantoténico



2-mercaptoetilamina

ADP 3'fosfato



# FOSFATO DE PIRIDOXAL

*Precursor vitamínico:* Piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>)

*Fuentes:* vísceras, carne, huevos, leche, levaduras, cereales, aguacate, plátano

*Sitio activo:* grupo formaldehído en el C<sub>4</sub>

*Clasificación:*

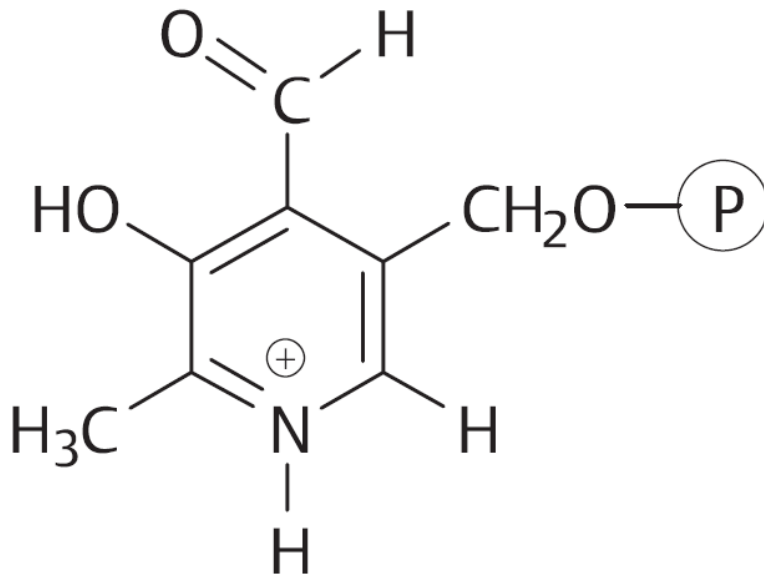
*Origen:* Vitamínica

*Estructura:* NO Nucleotídica

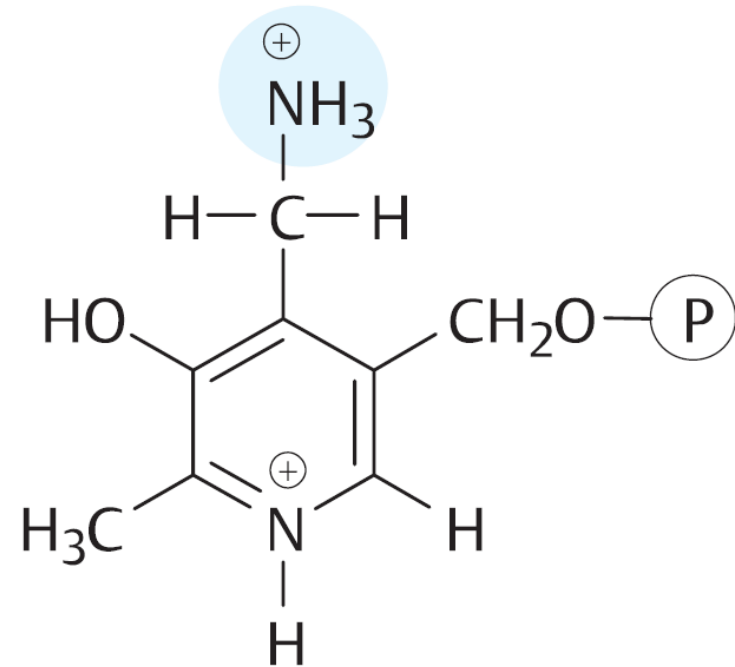
*Función:* Participa en reacciones de transferencia de grupos amino o carboxilo

# FOSFATO DE PIRIDOXAL

Fosfato de piridoxal



Fosfato de piridoxamina



# BIOTINA

*Precursor vitamínico:* Biotina (vitamina B<sub>8</sub>)

*Fuentes:* yema de huevo, vísceras, leche, carne, levaduras, cereales, verduras

*Sitio activo:* N1 del anillo imidazol

## *Clasificación:*

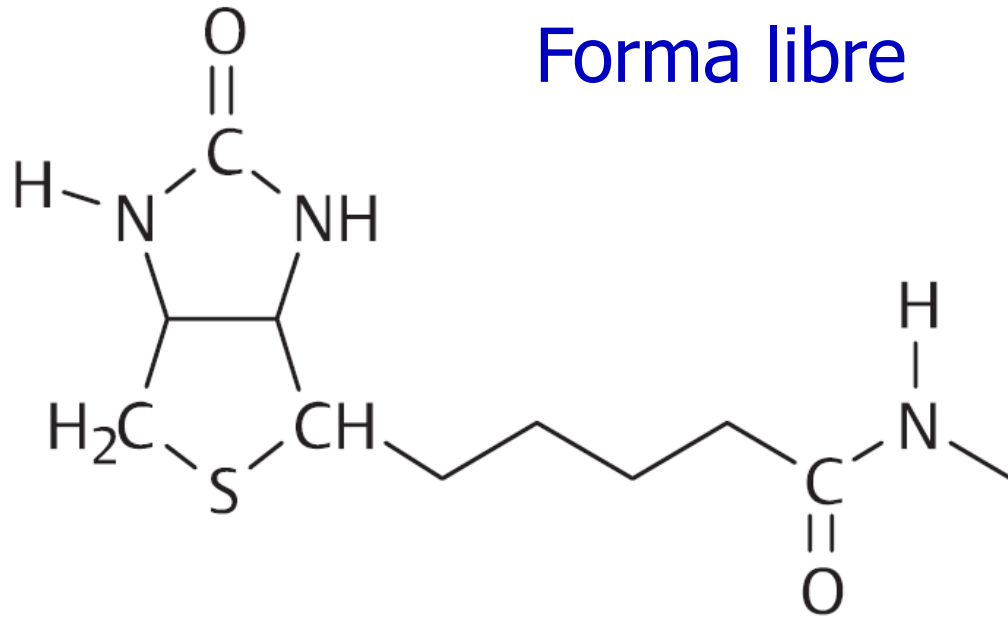
*Origen:* Vitamínica

*Estructura:* NO Nucleotídica

*Función:* Participa en reacciones de transferencia de grupos CO<sub>2</sub>

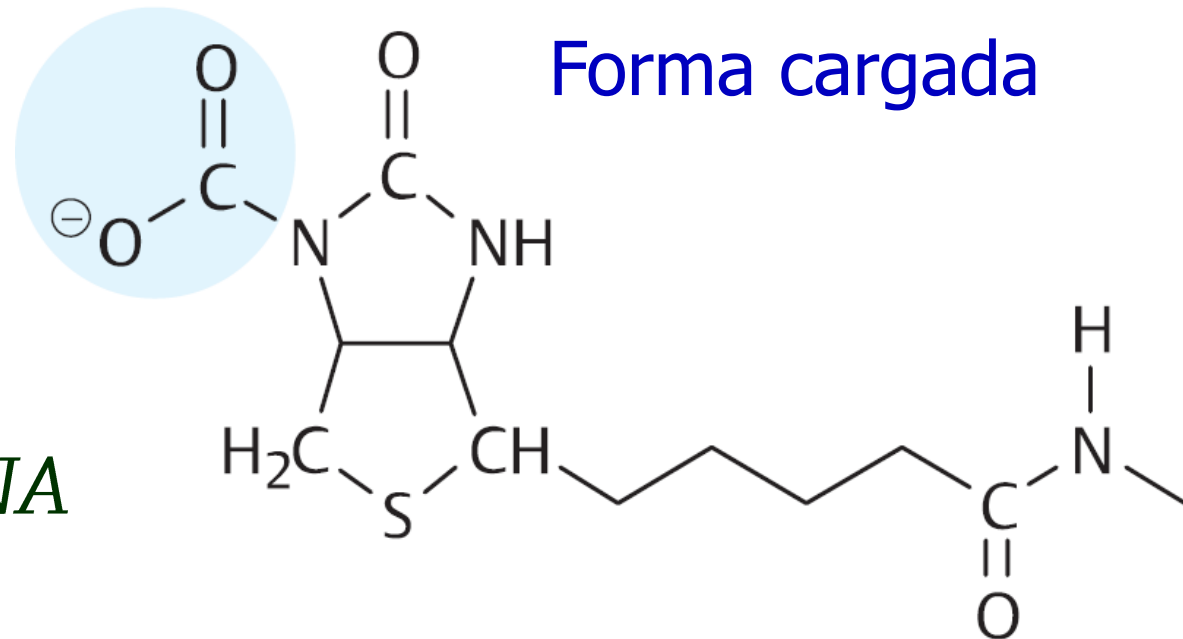
Forma libre

*BIOTINA*



Forma cargada

*CARBOXIBIOTINA*



# TETRAHIDROFOLATO (ácido tetrahidrofólico)

*Precursor vitamínico: Ácido fólico (B9)*

*Fuentes: vísceras, leche, carne, levaduras, cereales, verduras (hojas verdes)*

*Sitio activo: N<sub>5</sub>, N<sub>10</sub>*

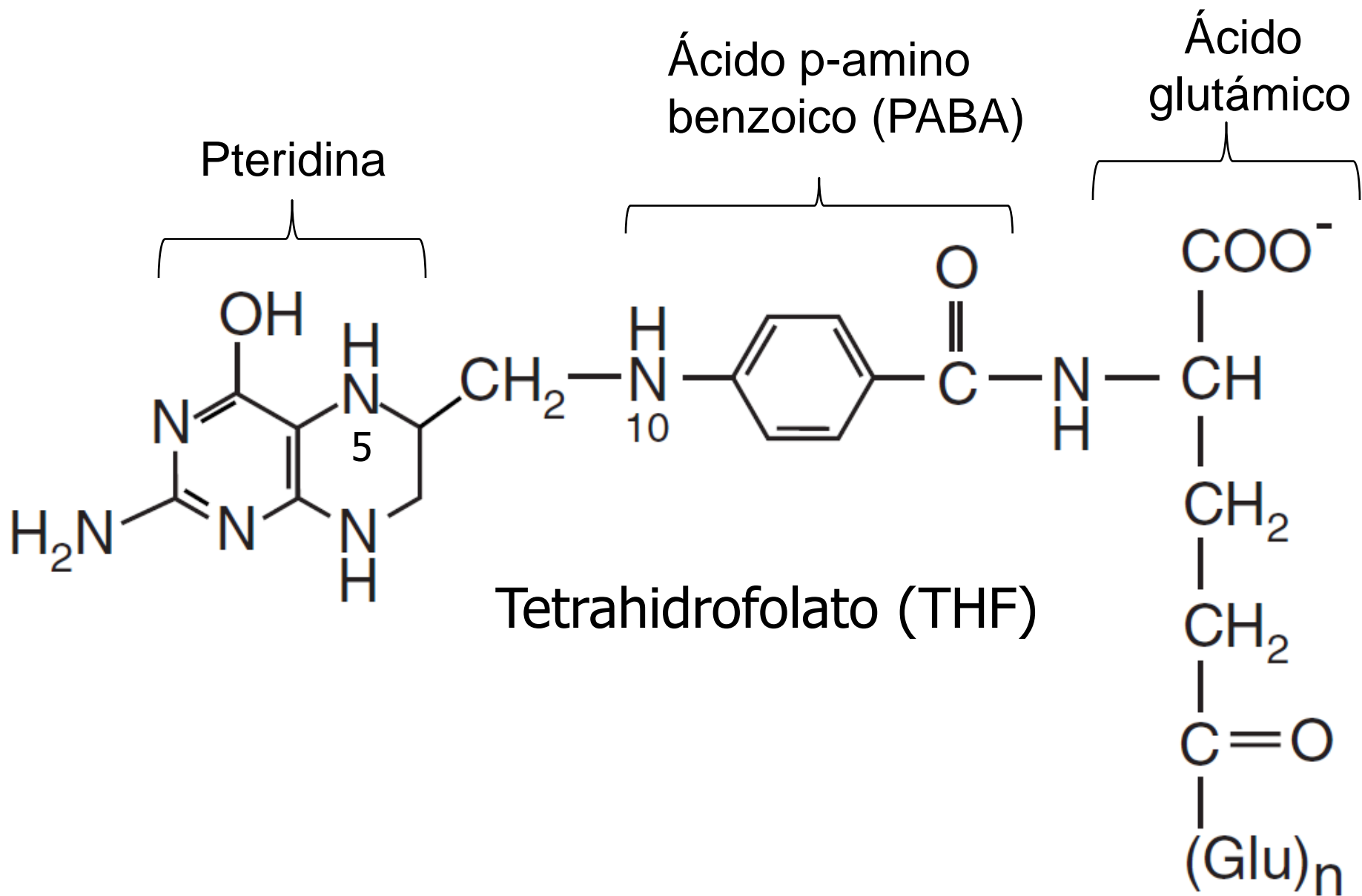
## *Clasificación:*

*Origen: Vitamínica*

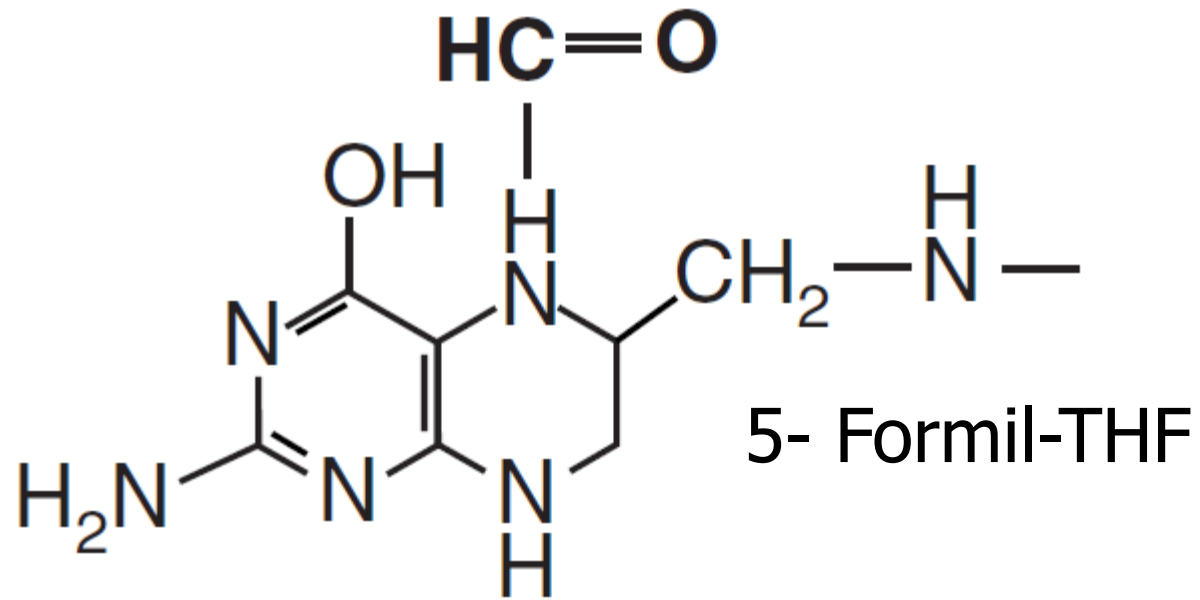
*Estructura: NO Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de transferencia de grupos de 1 carbono*

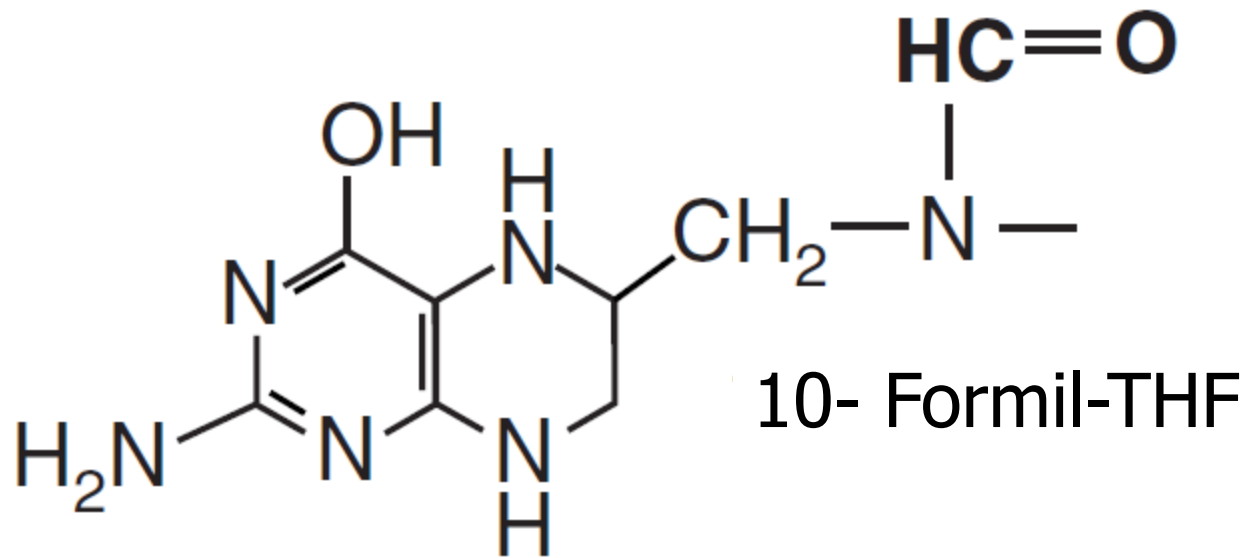




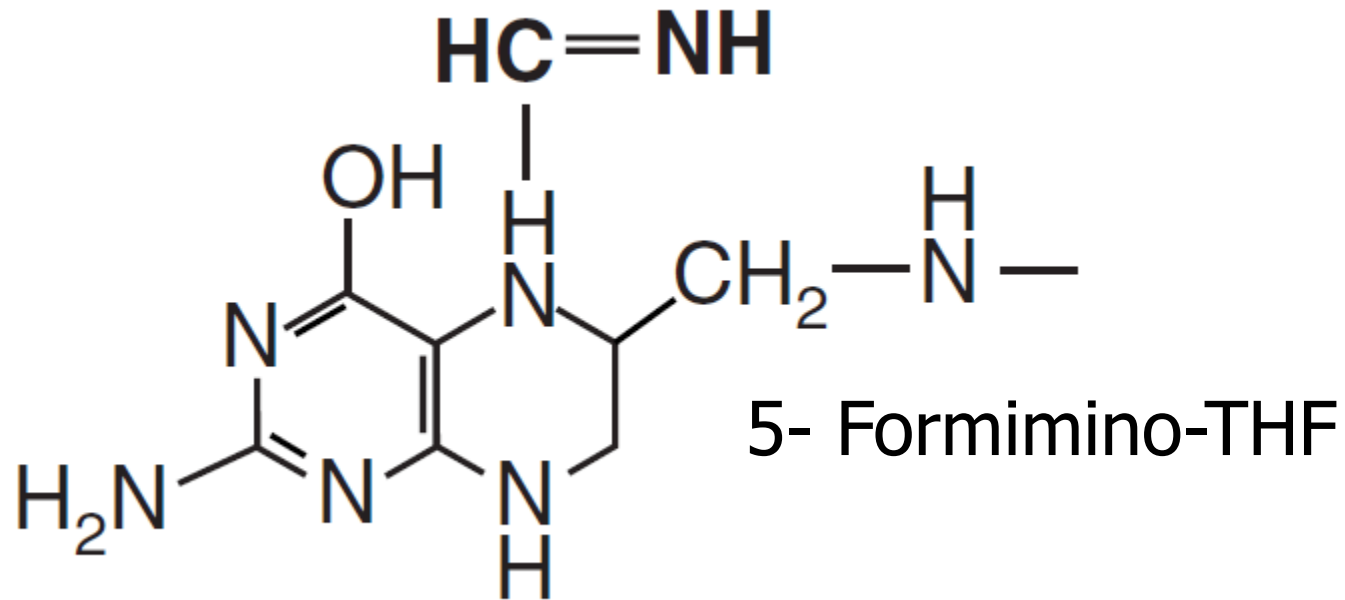
# *Folato sustituido*



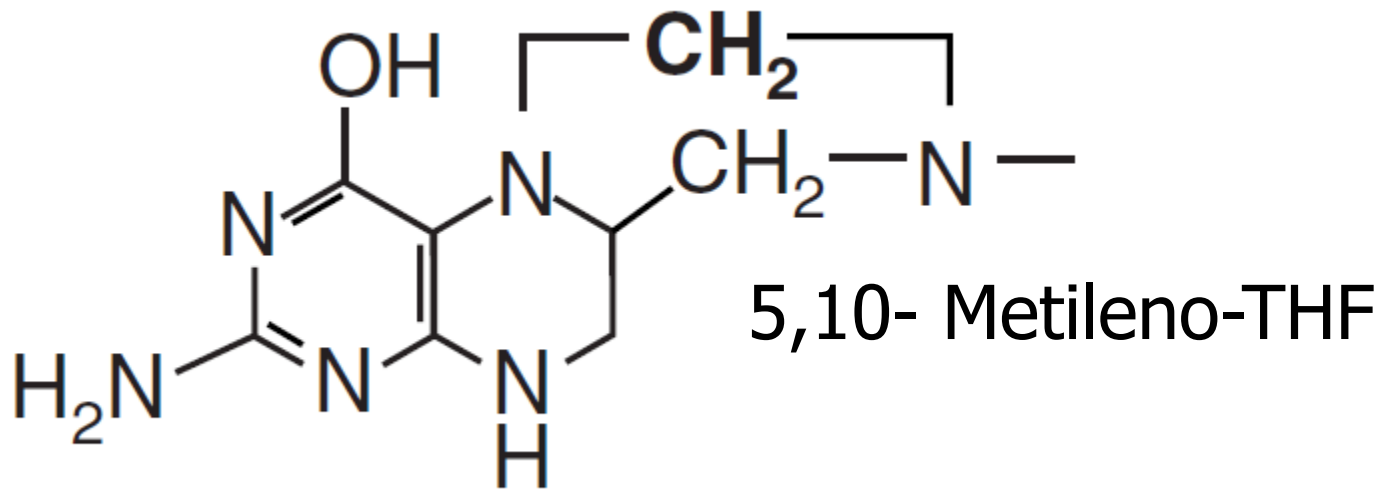
# *Folato sustituido*



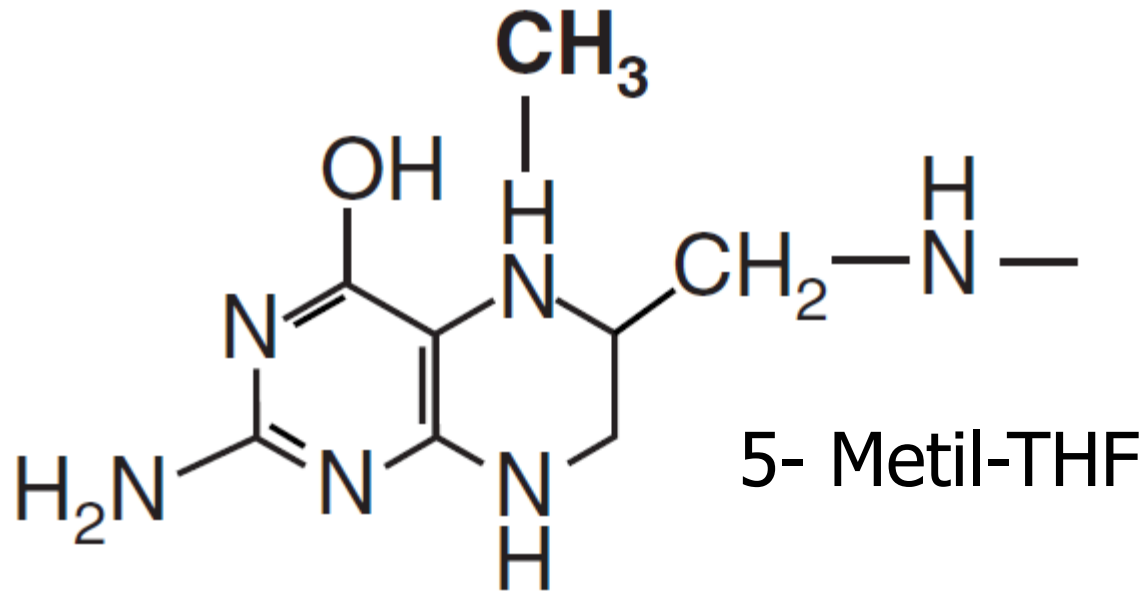
# *Folato sustituido*



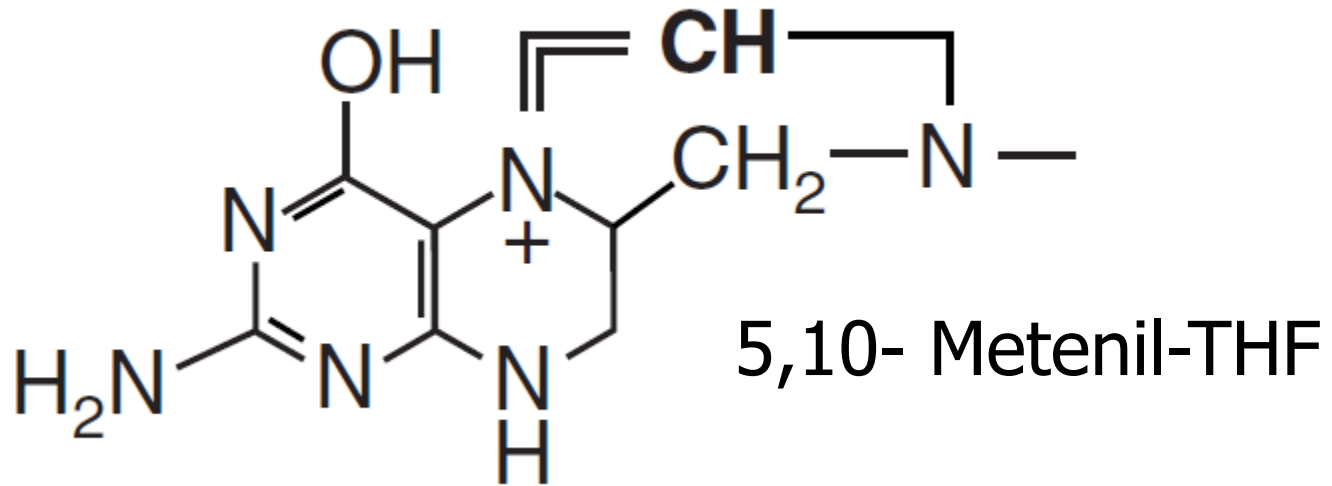
# *Folato sustituido*



# *Folato sustituido*



# *Folato sustituido*



# *METILCOBALAMINA*

*Precursor vitamínico:* Cobalamina (Vitamina B<sub>12</sub>)

*Fuentes:* vísceras, huevos, microorganismos intestinales

*Sitio activo:* desoxiadenosina, metilo

## *Clasificación:*

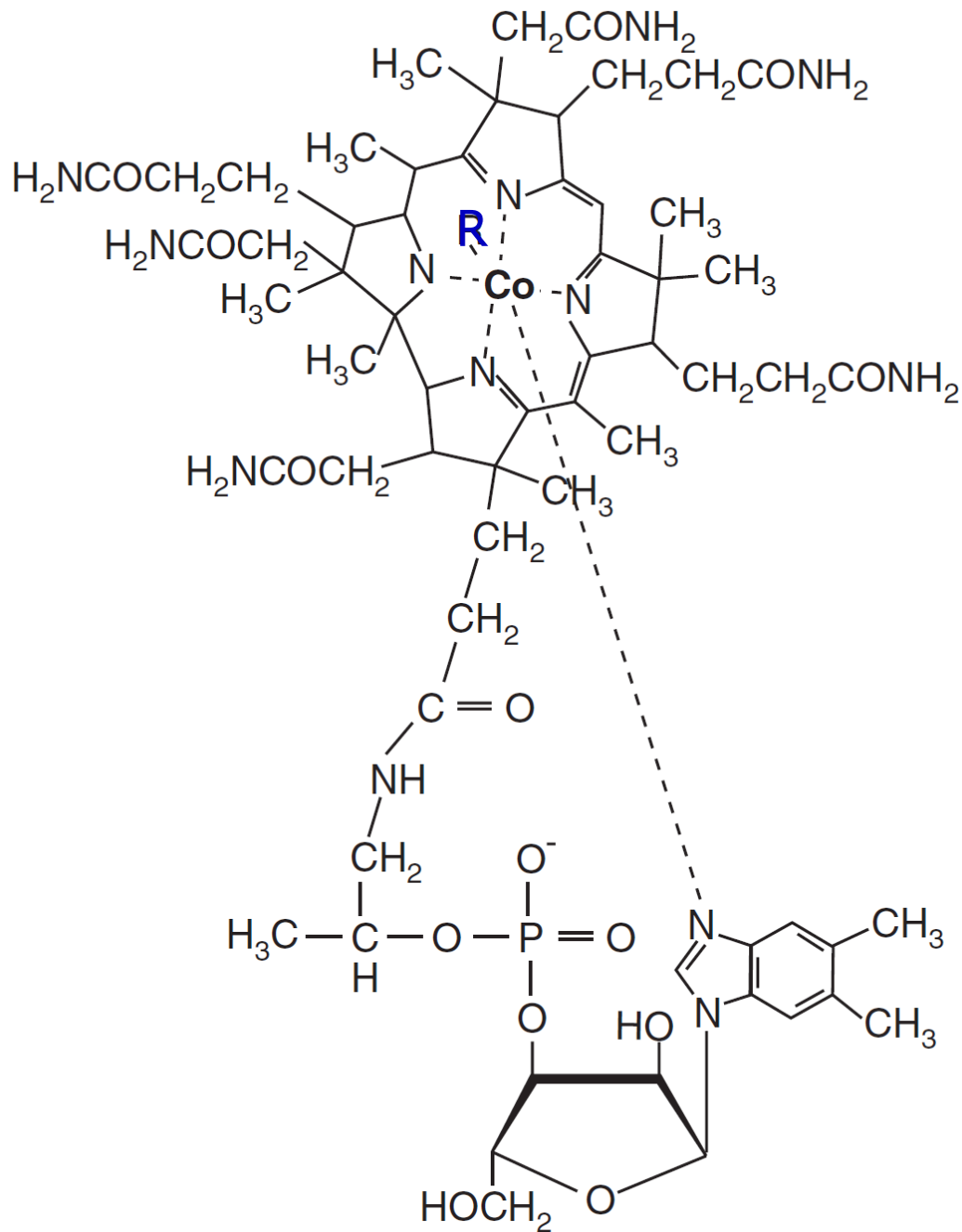
*Origen:* Vitamínica

*Estructura:* Nucleotídica

*Función:* Participa en reacciones de transferencia de grupos metilo (CH<sub>3</sub>)

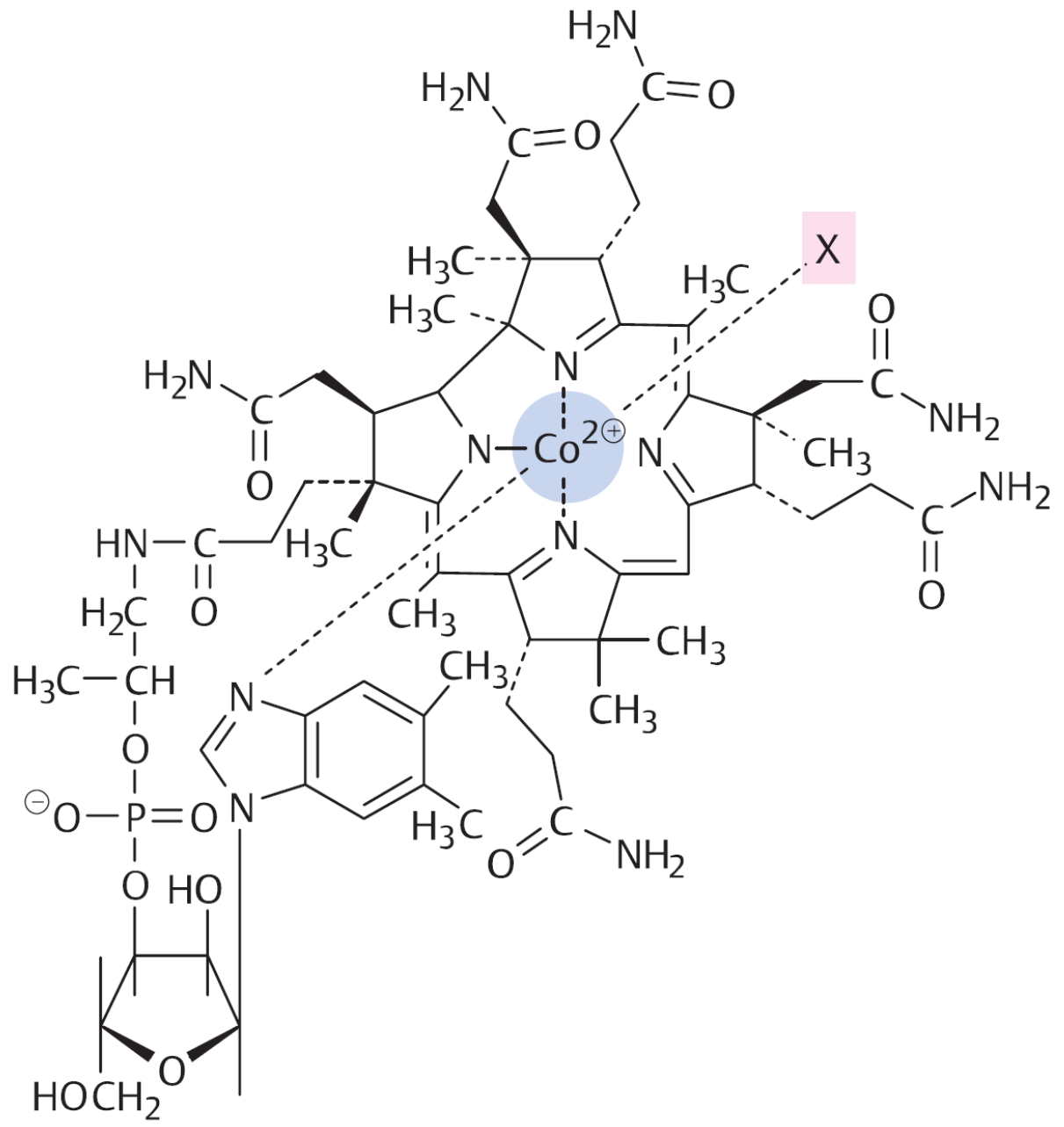


# COBALAMINA



R puede variar para dar las diversas formas de la vitamina:

- R=CN<sup>-</sup> en cianocobalamina
- R=OH en hidroxicobalamina
- R= CH<sub>3</sub> en metilcobalamina
- R= 5'desoxiadenosil en 5'desoxiadenosilcobalamina



# ÁCIDO ASCÓRBICO

*Precursor vitamínico: Vitamina C*

*Fuentes: frutas (cítricos), hortalizas*

*Sitio activo: C2 y C3*

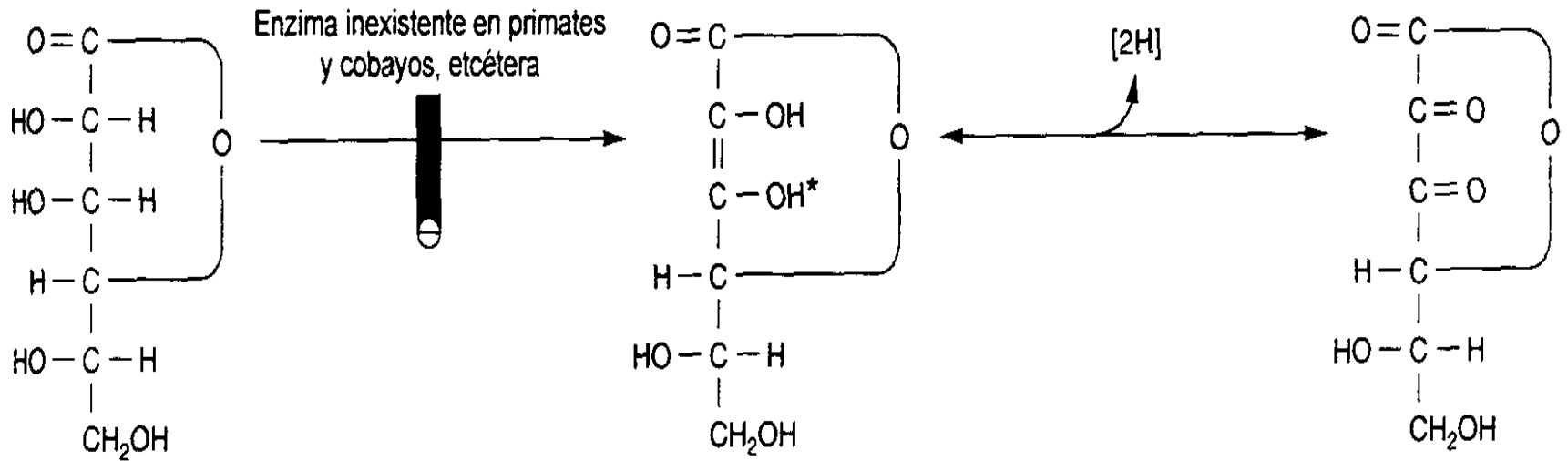
*Clasificación:*

*Origen: Vitamínica*

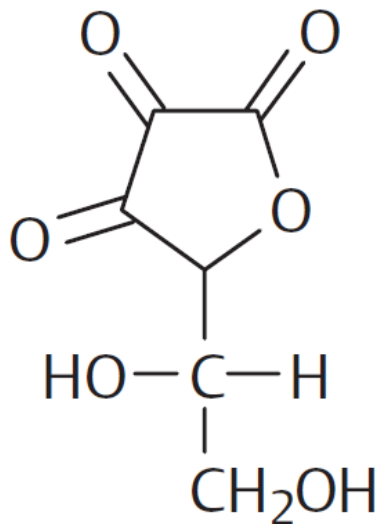
*Estructura: NO Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*

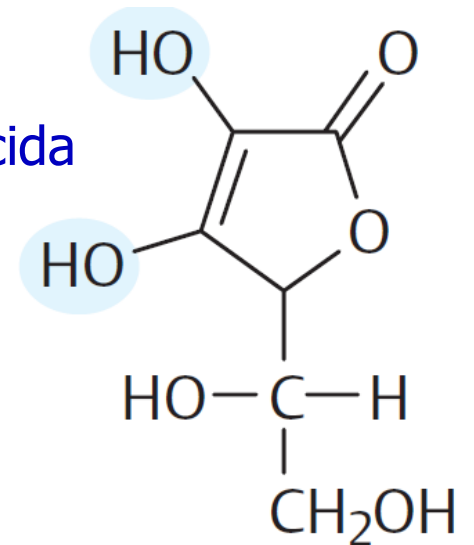
# ÁCIDO ASCÓRBICO



Forma oxidada



Forma reducida



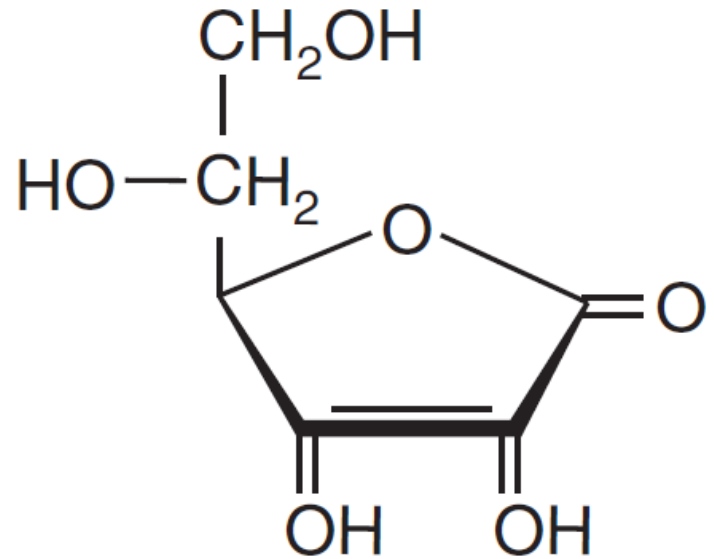
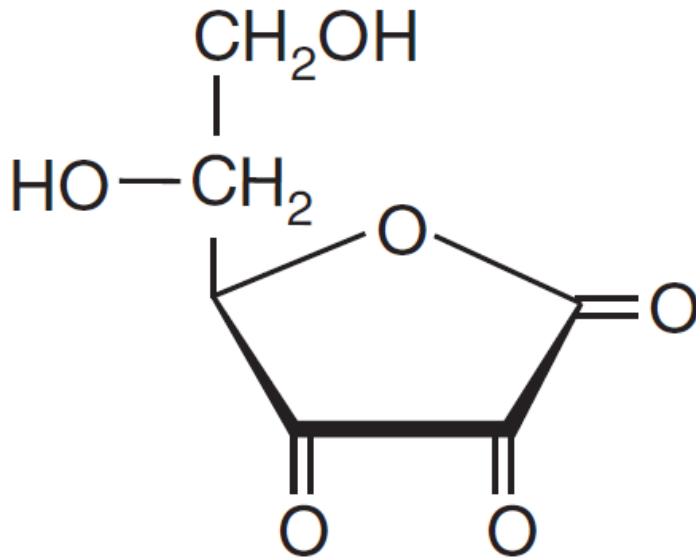
# ÁCIDO ASCÓRBICO

Forma oxidada

Forma reducida

Ácido deshidroascórbico  
(Deshidroascorbato)

Ácido ascórbico  
(Ascorbato)



# *Coenzima Q (Ubiquinona)*

*Composición: anillo de benzoquinona + radical isoprenoide*

*Sitio activo: C1 y C4 (carbonilo)*

*Clasificación:*

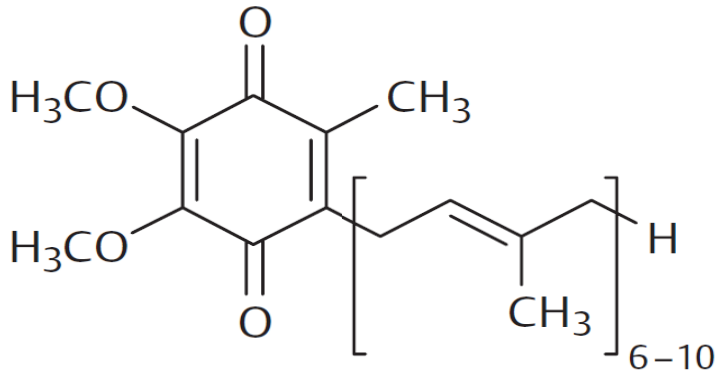
*Origen: NO Vitamínica*

*Estructura: NO Nucleotídica*

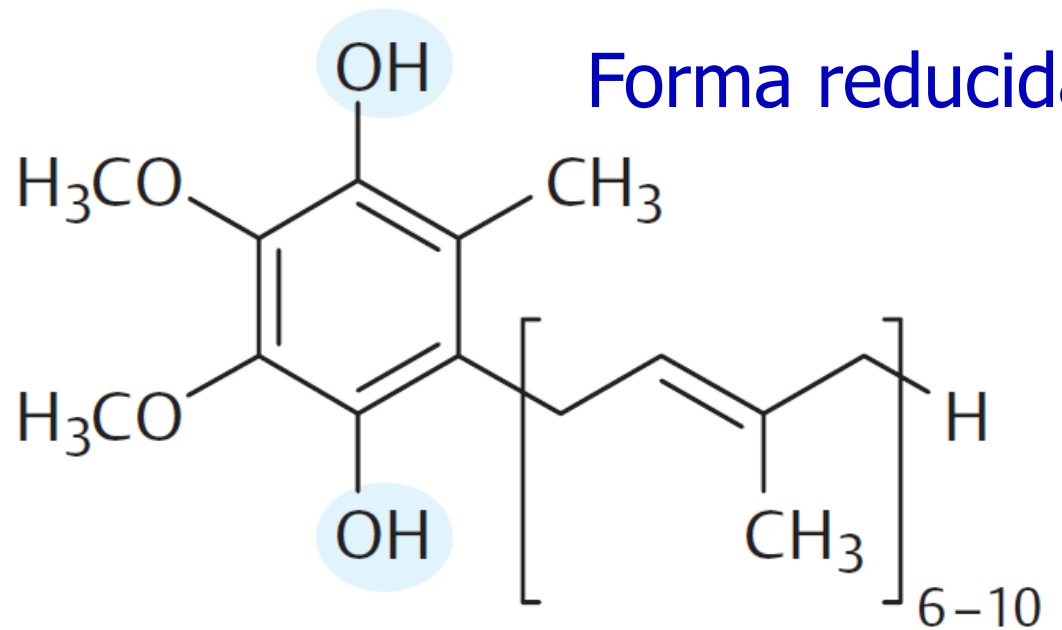
*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*



# Forma oxidada



# Forma reducida





# *Tetrahidrobiopterina*

*Composición:* *anillo de pteridina*

*Sitio activo:* *N<sub>5</sub> y N<sub>8</sub>*

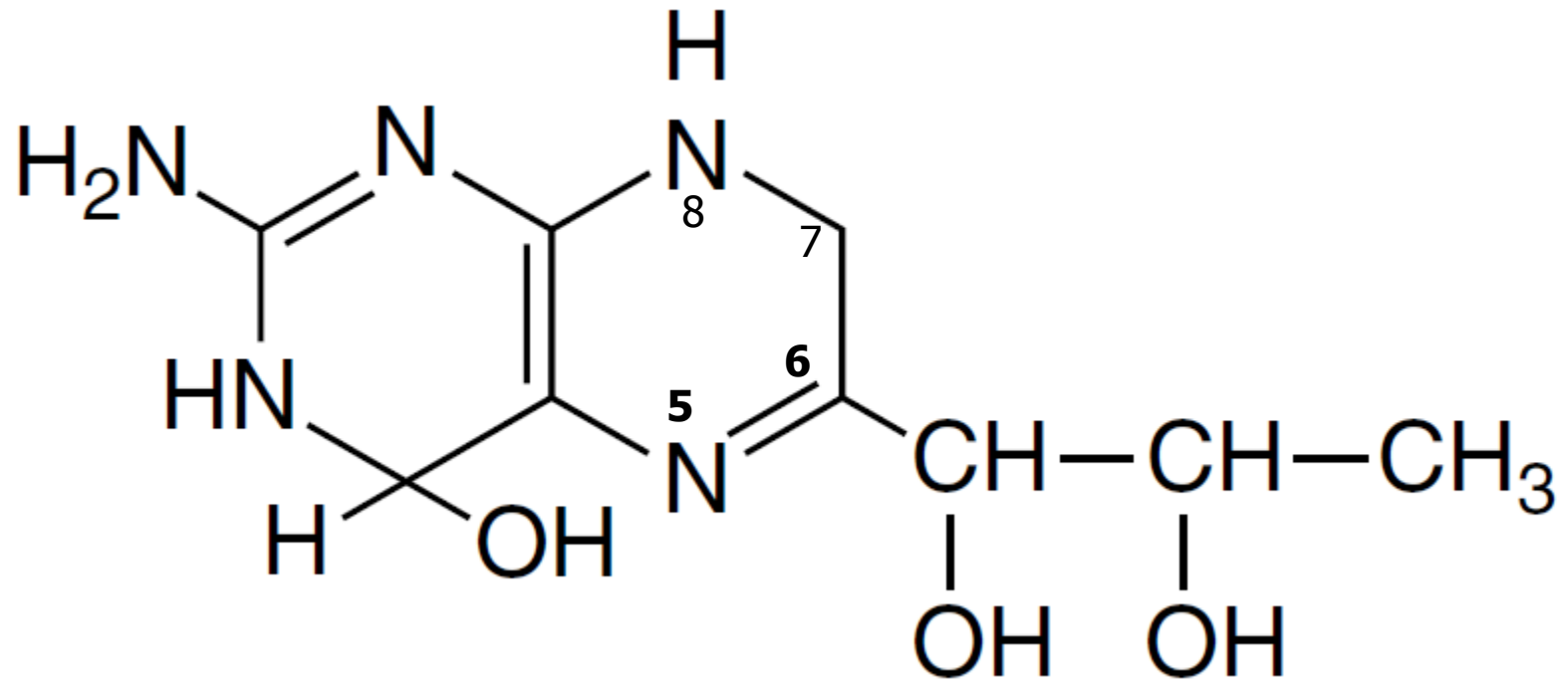
## *Clasificación:*

*Origen:* *NO Vitamínica*

*Estructura:* *NO Nucleotídica*

*Función:* *Participa en reacciones de oxido-reducción*

# *Tetrahydrobiopterina*



# Ácido lipoico (lipomida)

*Composición:*            *Ácido 6,8 tio-octanoico*

*Sitio activo:*            *“S” de los C<sub>6</sub> y C<sub>8</sub>*

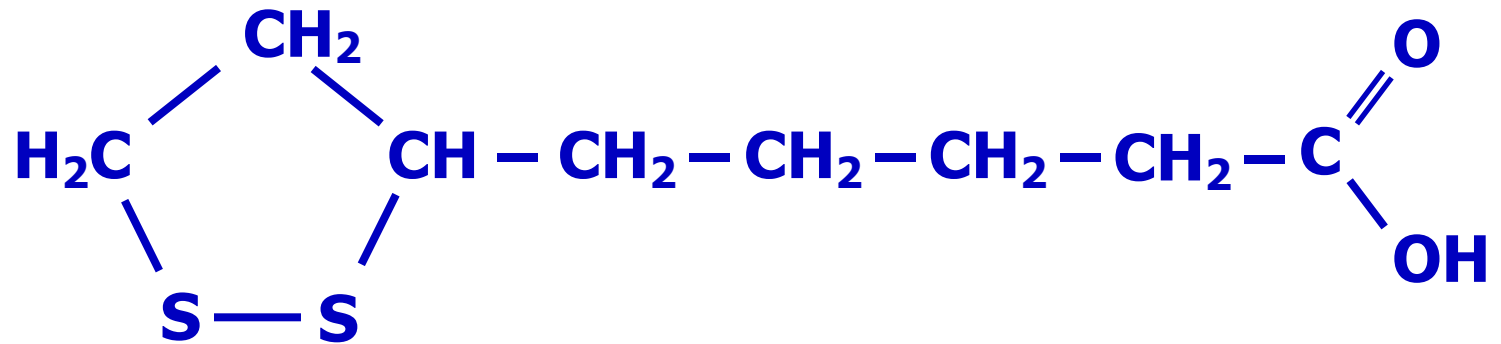
## *Clasificación:*

*Origen:*            *NO Vitamínica*

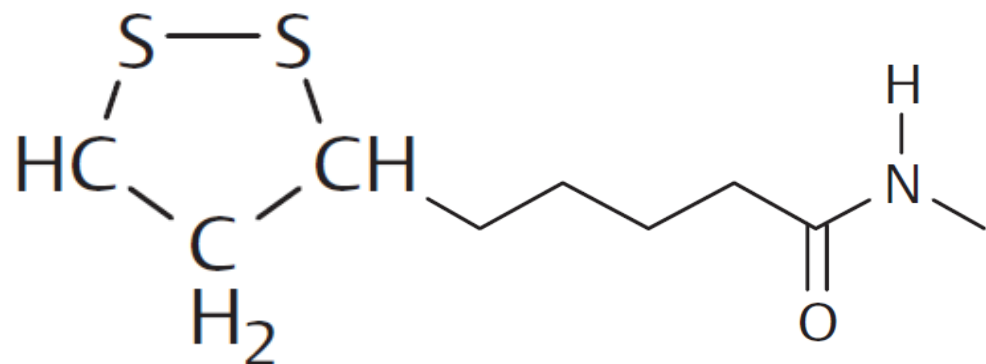
*Estructura:* *NO Nucleotídica*

*Función:*            *Participa en reacciones de oxido-reducción*  
*Participa en transferencia de grupos acilo*

# *Ácido lipoico*

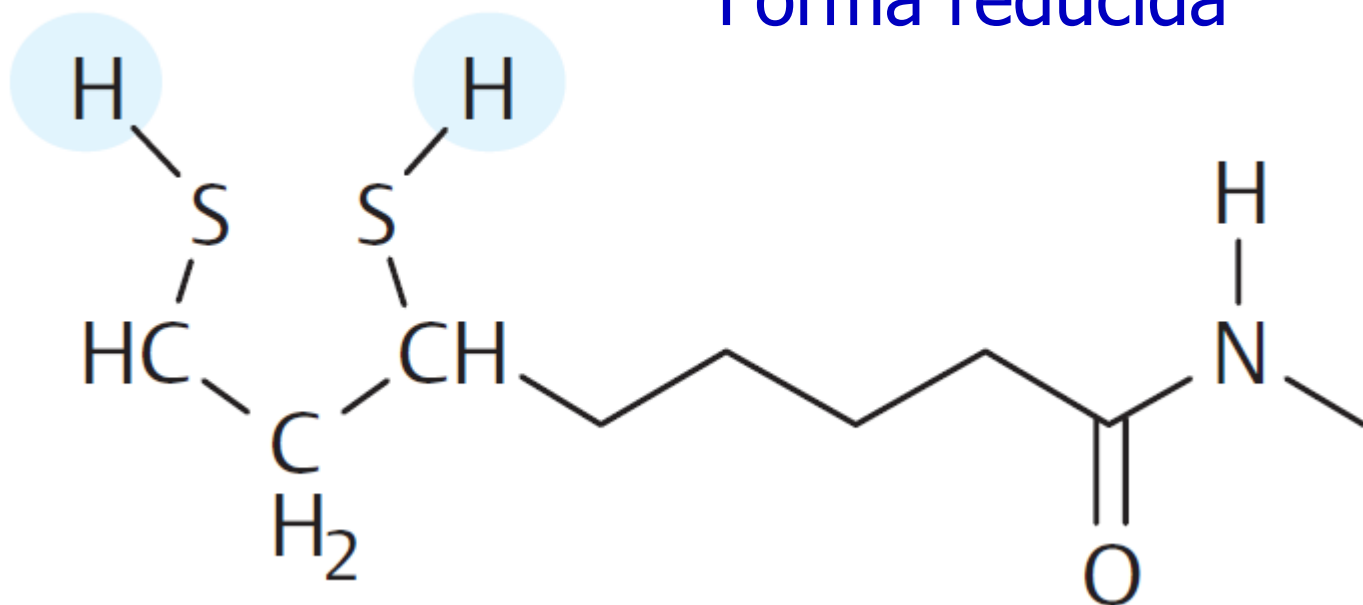


Forma oxidada



*Lipoamida*

Forma reducida



# NUCLEÓTIDOS y NUCLEÓSIDOS

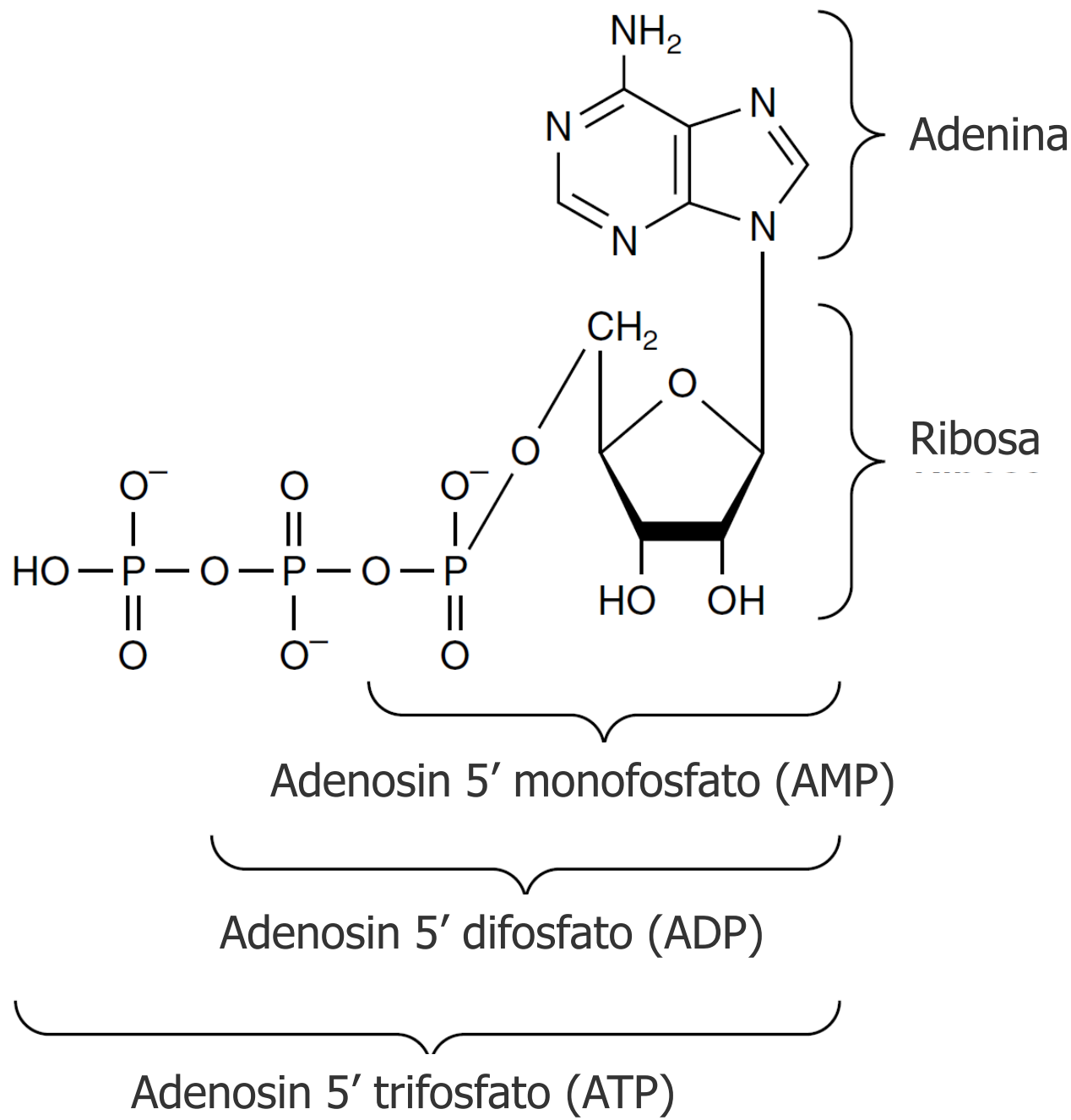
*Sitio activo: Enlaces fosfato*

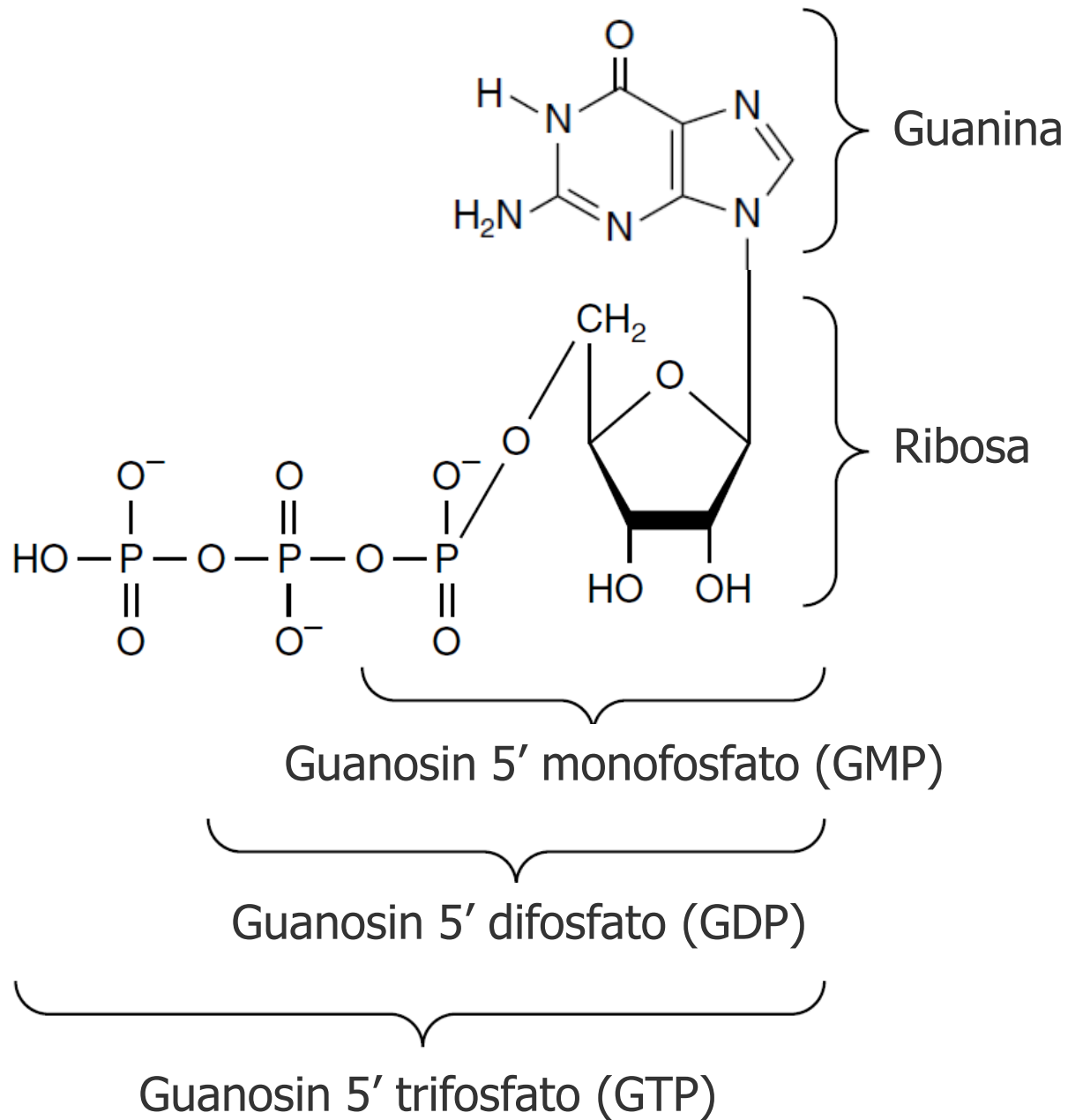
*Clasificación:*

*Origen: NO Vitamínica*

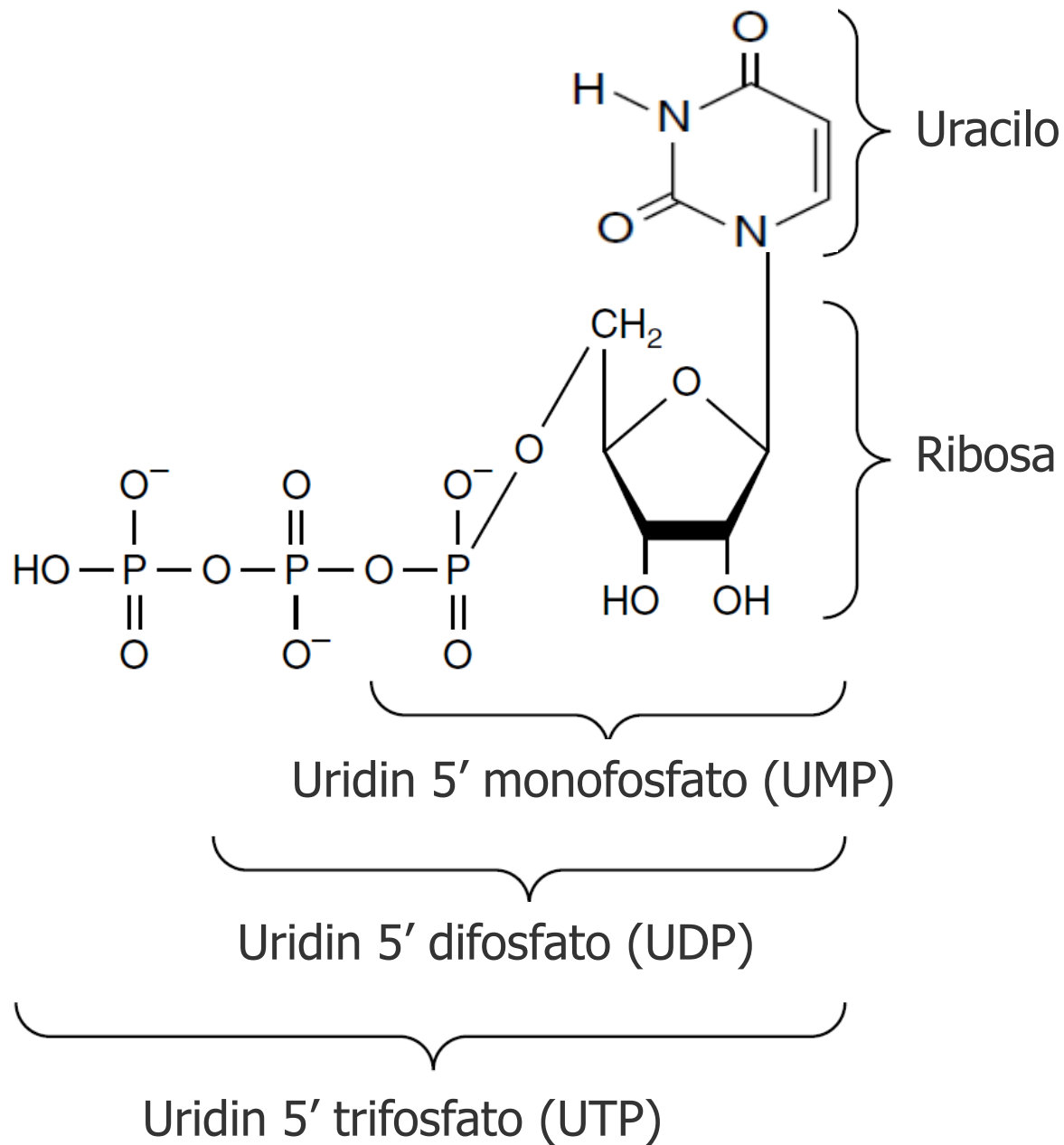
*Estructura: Nucleotídica*

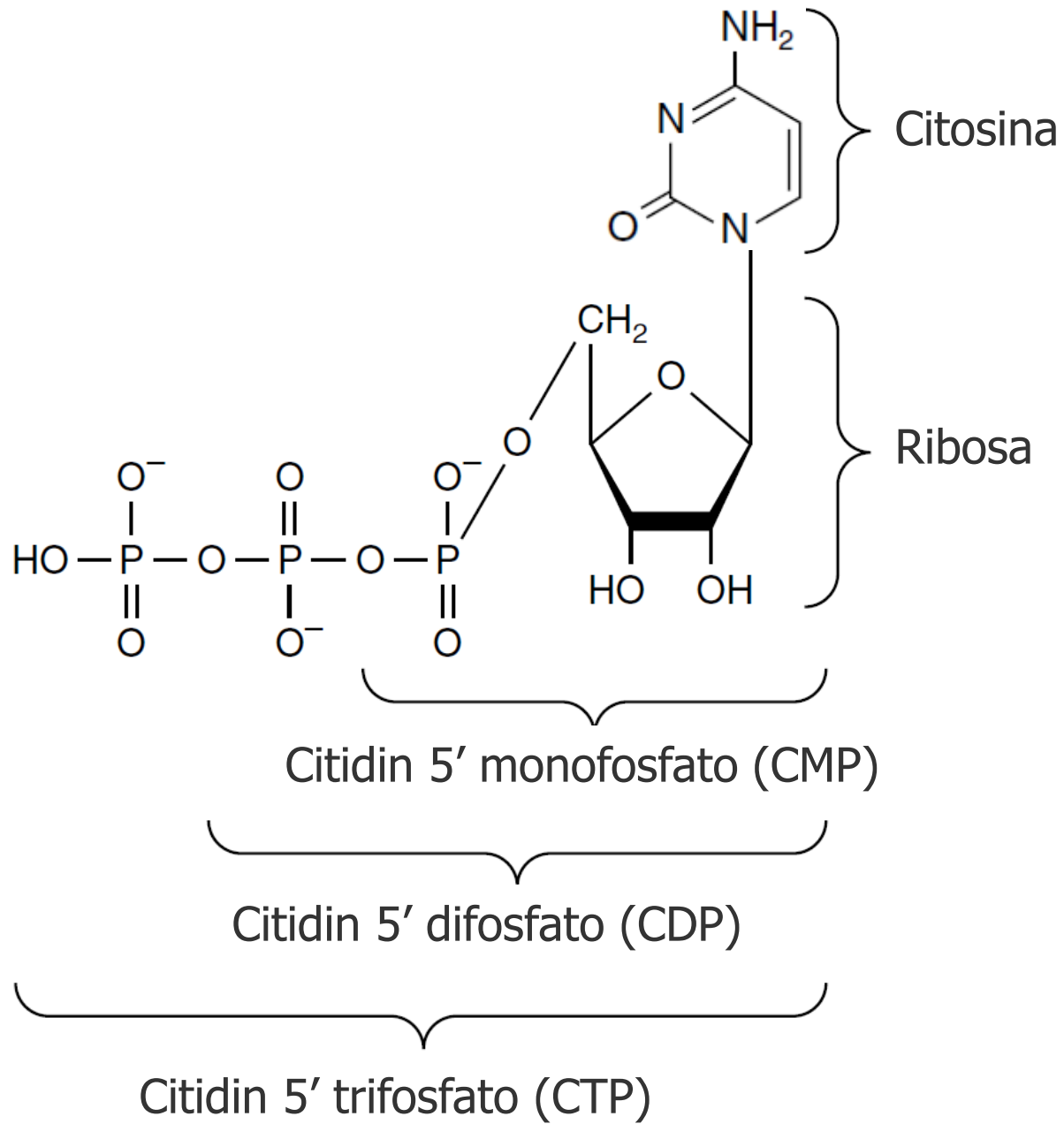
*Función: Participan en reacciones de transferencia de grupos fosfato*











# *S-adenosilmetionina:*

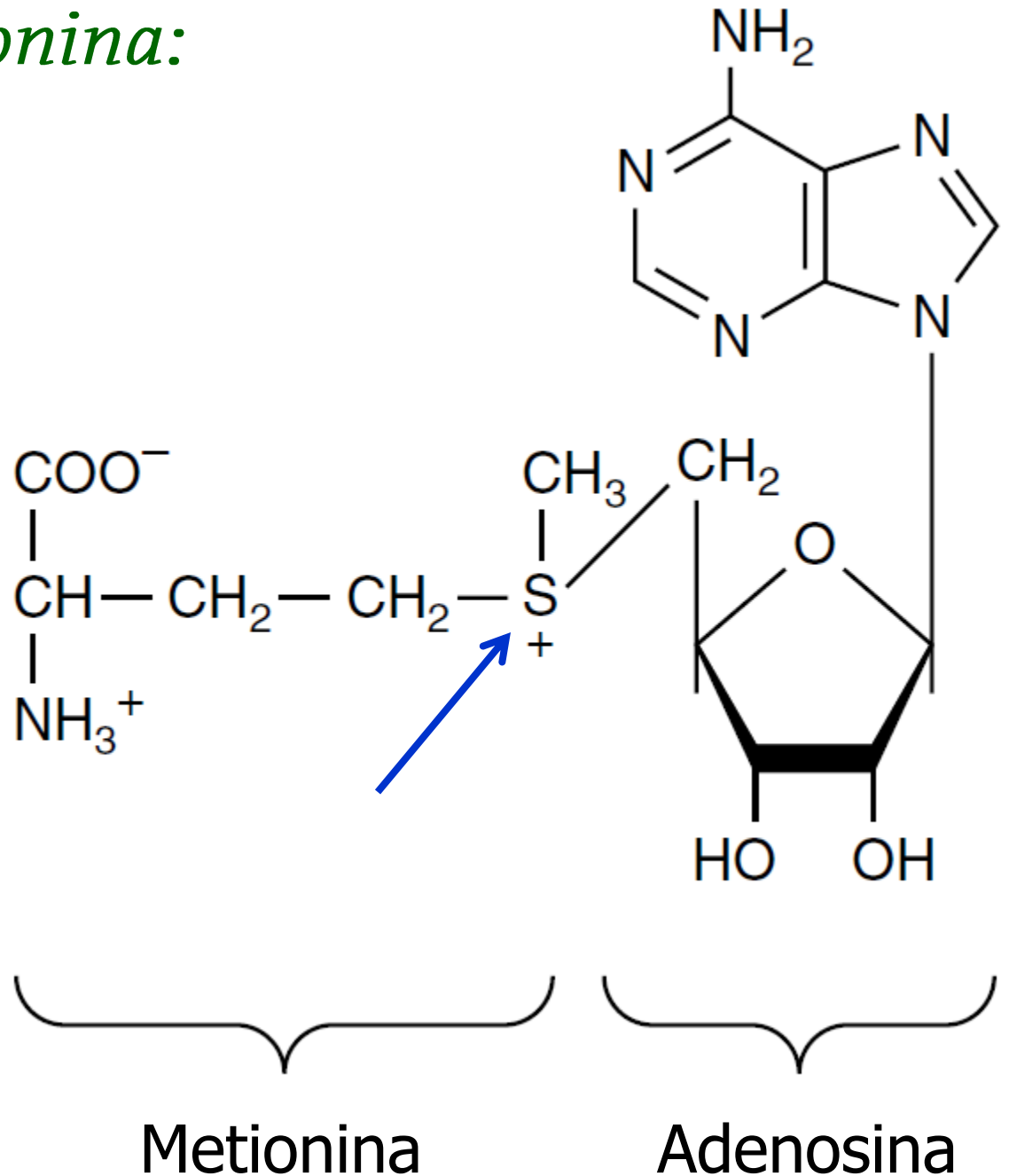
## *Clasificación:*

*Origen: NO Vitamínica*

*Estructura: Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de transferencia de grupos metilo*

# *S*-adenosilmetionina:



# *Hemo (grupo prostético)*

*Composición: Anillo tetrapirrólico + Fe<sup>2+</sup>*

*Sitio activo: Fe<sup>2+</sup> del grupo prostético HEMO*

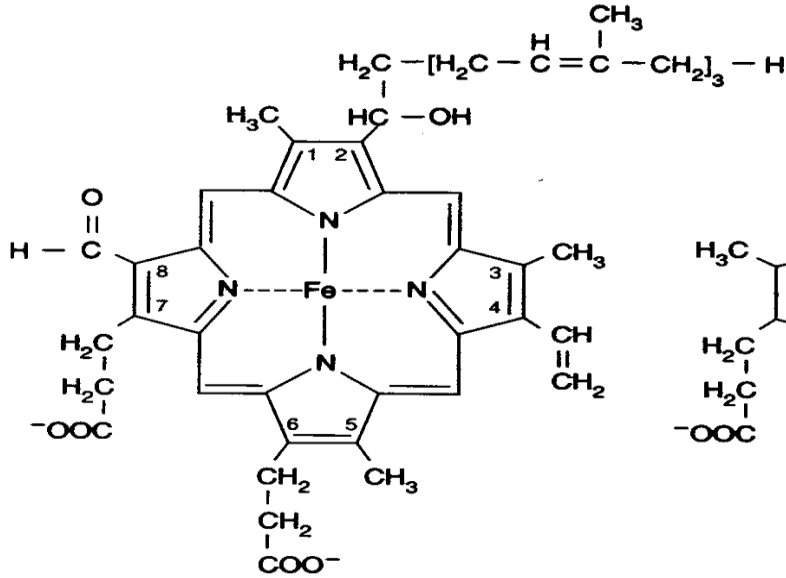
*Clasificación:*

*Origen: NO Vitamínica*

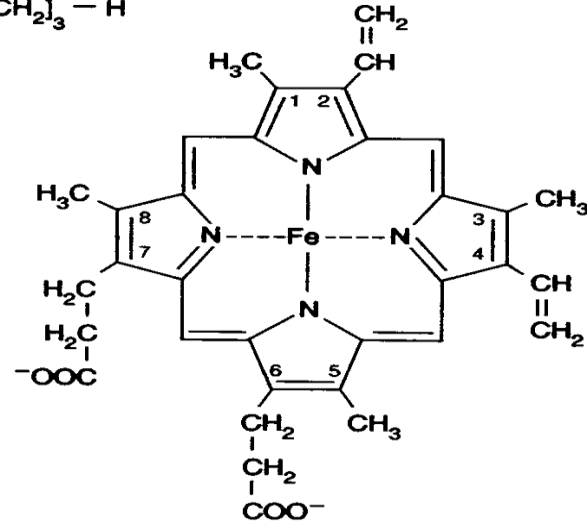
*Estructura: NO Nucleotídica*

*Función: Participa en reacciones de oxido-reducción*

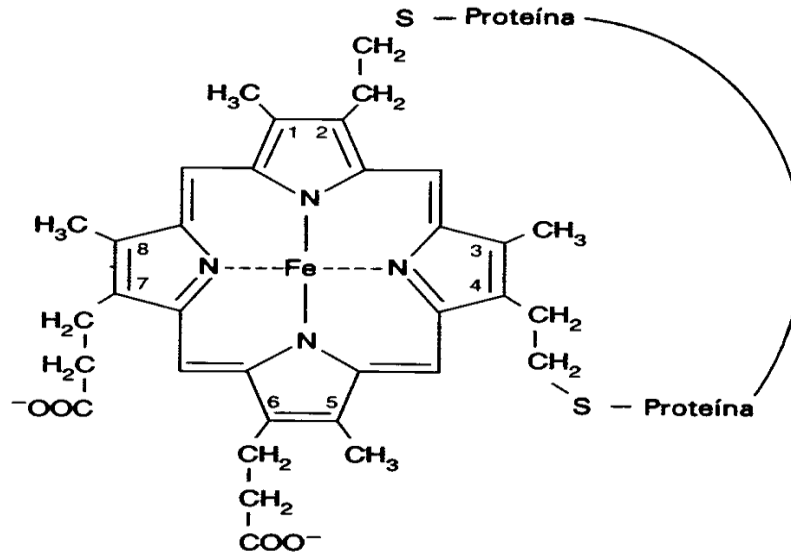
# Hemo



Grupo hem del citocromo *a*



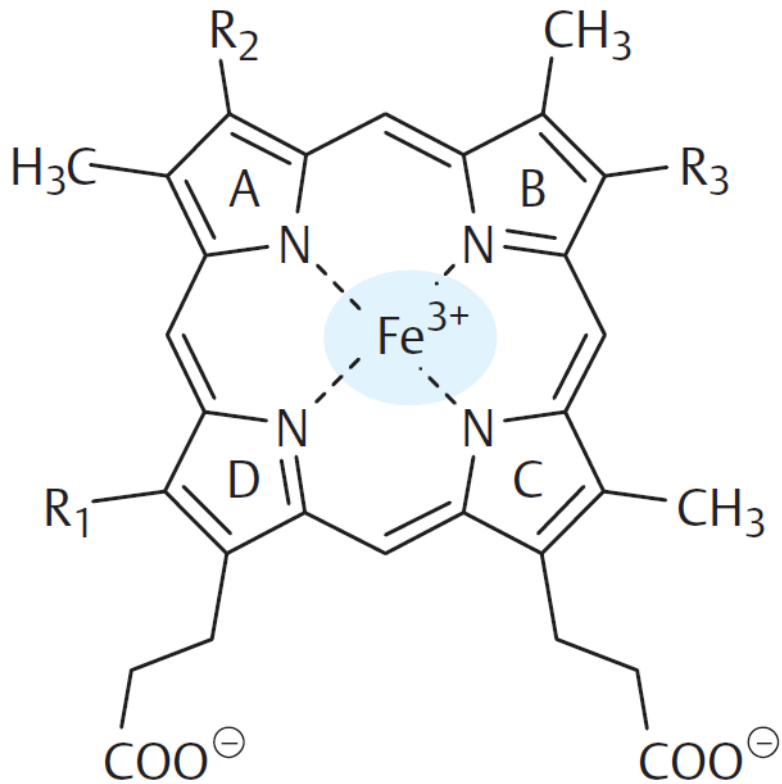
Grupo hem del citocromo *b*



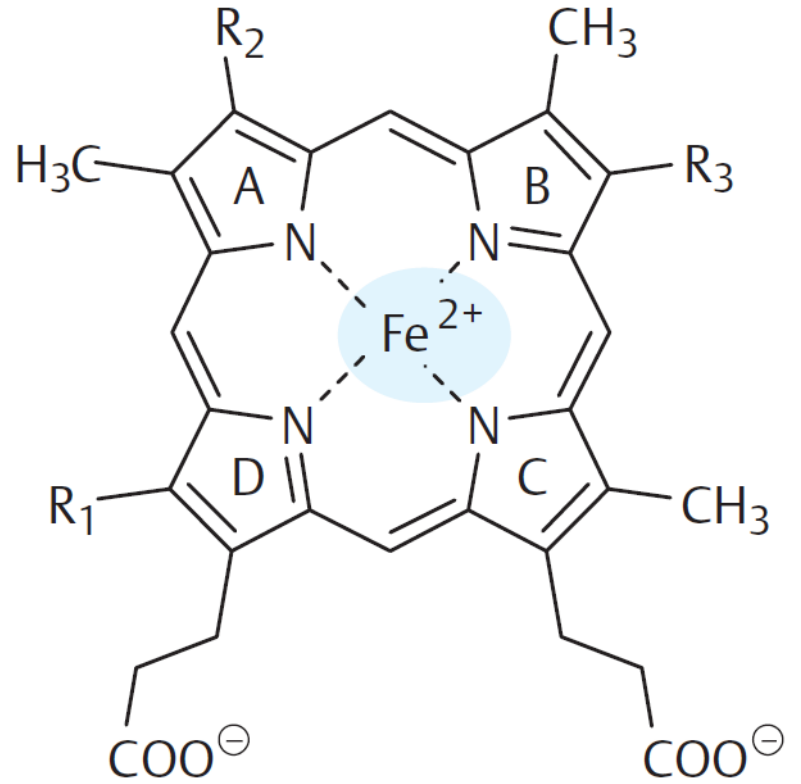
Grupo hem del citocromo *c*

# Hemo

Forma oxidada



Forma reducida



-Fin de la unidad 2-