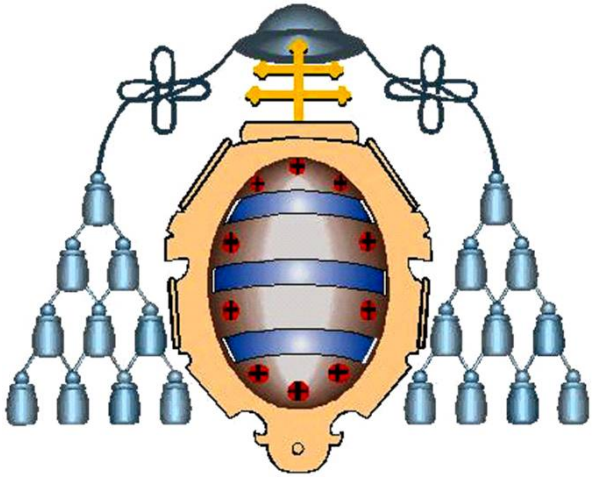
La química de la sangre

Alfonso Fernández González



Departamento de Química Física y Analítica, Universidad de Oviedo

"Me he dedicado a investigar la vida, y no sé por qué ni para qué existe"

(Severo Ochoa)

Escuela de divulgadores

UCC+i

http://ucc.uniovi.es/formaciocientifica/escueladivulgadores

Descubre, describe, escribe

Escuela de divulgadores

UCC+i

- Dirigido a alumnos de **ESO** (12-15 años)
- Se valorará el **rigor**: fuentes fidedignas (¡Wikipedia!), diseño y realización de experimentos e interpretación de resultados
- Redacción de artículos científicos con los que se editará una **revista digital** y se dotará de contenidos un **blog científico** “reto STEM”
    - Química
    - Física
    - Medicina
    - Biología
    - Geología

Escuela de divulgadores

UCC+i

- Los objetivos perseguidos engloban:
  - La formación de los alumnos en la **redacción científica**
  - La creación de un espacio de **intercambio de ideas** para los docentes
  - Formación de la competencia del **trabajo en grupo**
  - Aprender a **repartir tareas** y delegar
  - Asunción de **responsabilidades**
- Tipos de artículos posibles:
  - Experimentos inéditos
  - Experimentos refutados
  - Trabajos de divulgación
  - Inventos

La química de la sangre

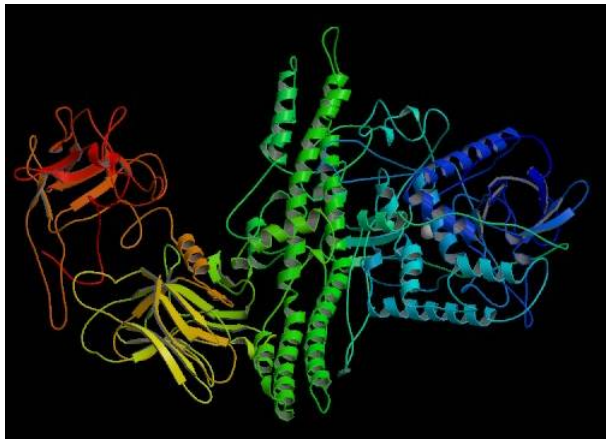
- La sangre **es** química: la química **no es** sinónimo de artificial
- Lo natural es bueno. Lo artificial ("la química") es malo.

Porque es "perteneciente o relativa a la química" (D.R.A.E.)

Ciencia que estudia la estructura, propiedades y transformaciones de la materia a partir de su composición atómica. (D.R.A.E.)

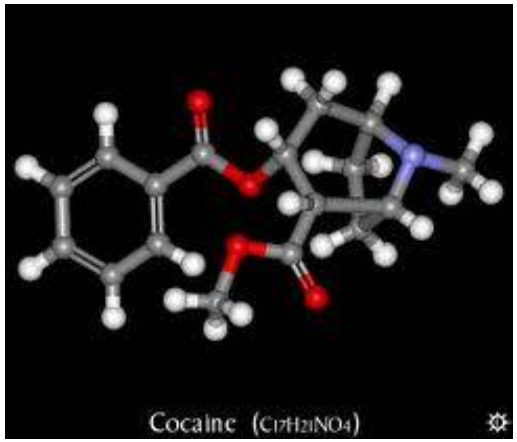
La química de la sangre

- La sangre **es** química: la química **no es** sinónimo de artificial
- Lo natural es bueno. Lo artificial ("la química") es malo.



Toxina botulínica
(www.150facultadefarmacia.com)

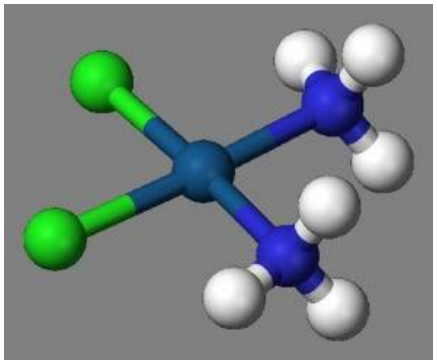
Amanita muscaria
(www.hierbasyplantasmedicinales.com)



Cocaína
(www.companiamedica.com)

Amoxicilina
(www.minifauna.com)

Nylon
(www.nylonforflags.com)



Cisplatino (quimioterapia)
(www.isaude.net)

La química de la sangre

PROTEÍNAS **GRASAS** **SACÁRIDOS**

- **Estructura primaria**: Secuencia de aminoácidos
- **Estructura secundaria**:Conformación de la cadena peptídica
- **Estructura Supersecundaria**: Agrupaciones de estructuras secundarias
- **Estructura Terciaria**: Disposición tridimensional, cómo se ordenan en el espacio
- **Estructura Cuaternaria**:Agrupamientos de más de una cadena de aminoácidos

La química de la sangre

PROTEÍNAS GRASAS **SACÁRIDOS**

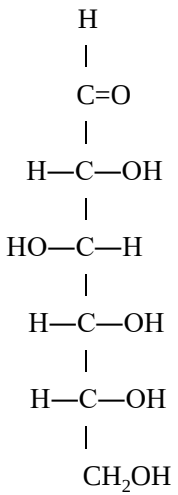
- D-Gliceraldehído (3C – R)
  - D-Eritrosa (4C – R,R)
    - D-Ribosa (5C – R,R,R)
      - D-Alosa (6C – R,R,R,R)
      - D-Altrosa (6C – S,R,R,R)
    - D-Arabinosa (5C – S,R,R)
      - D-Glucosa (6C –R,S,R,R)
      - D-Manosa (6C –S,S,R,R)
  - D-Treosa (4C – S,R)
    - D-Xilosa (5C – R,S,R)
      - D-Gulosa (6C – R,R,S,R)
      - D-Idosa (6C – S,R,S,R)
    - D-Lixosa (5C – S,S,R)
      - D-Galactosa (6C – R,S,S,R)
      - D-Talosa (6C – S,S,S,R)

La química de la sangre

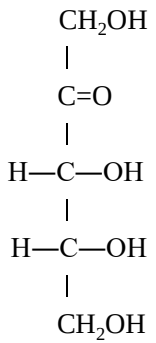
PROTEÍNAS

GRASAS

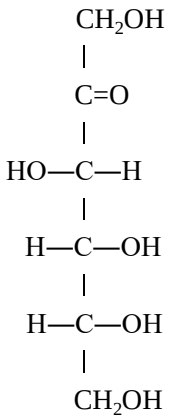
SACÁRIDOS



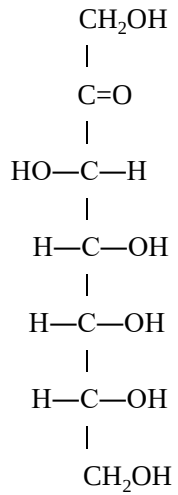
D-Glucosa



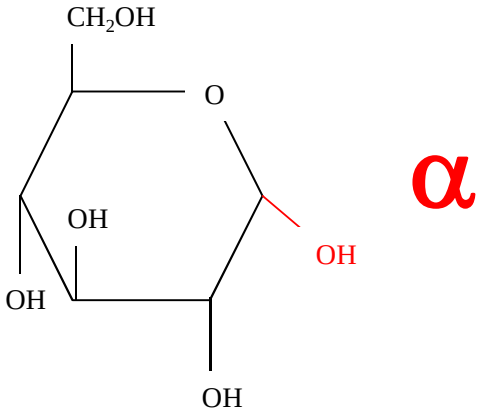
D-Ribulosa



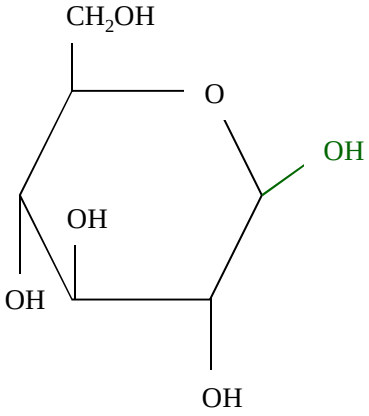
D-Fructosa



D-Sedoheptulosa



α

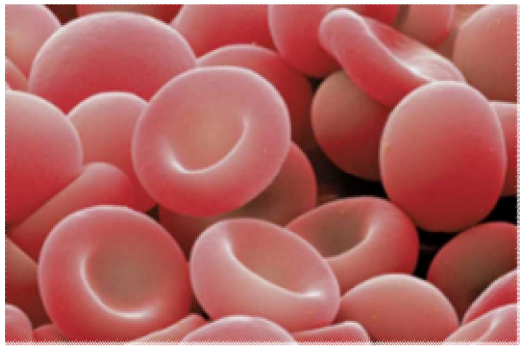


β

La química de la sangre

- ¿Qué es la sangre?

Líquido, generalmente de color rojo, que circula por las arterias y venas del cuerpo de los animales. Se compone de una parte líquida o plasma y de células en suspensión: hematíes, leucocitos y plaquetas. Su función es distribuir oxígeno, nutrientes y otras sustancias a las células del organismo, y recoger de estas los productos de desecho. (D.R.A.E.)



www.profesorenlinea.cl/

- Son los encargados del transporte de hemoglobina y, por tanto, de oxígeno
- Valor de referencia: 4.200 a 5.900 millones/mL

Valores altos

Condiciones de poco O_2 en la sangre

- Tabaquismo
- Bronquitis crónica
- Vivir en zonas elevadas (e.g. Bolivia)

Valores bajos

(Anemia), diversas causas

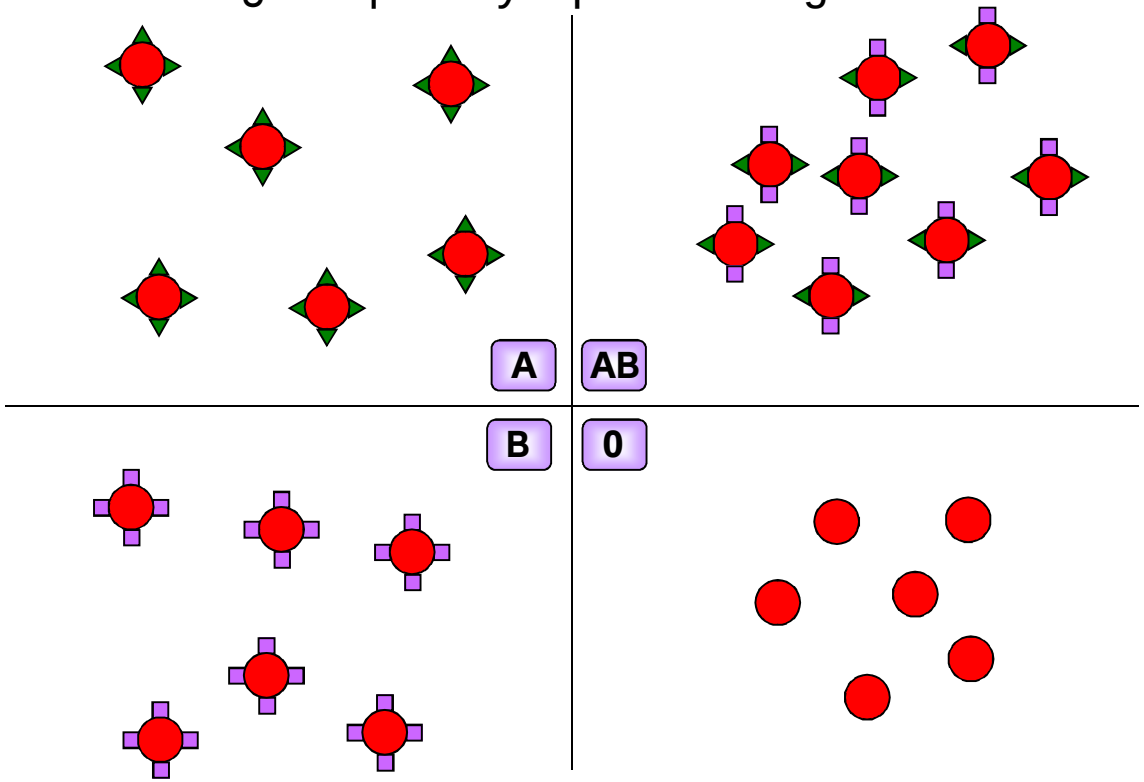
- Sangrado excesivo
- Falta de nutrientes (Fe, ác. Fólico, vit. B12)
- Enfermedades de la médula ósea

La química de la sangre

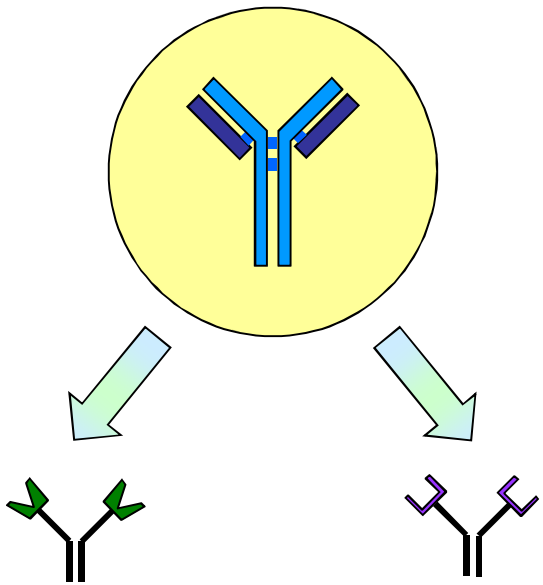
- ¿Qué es la sangre?

Líquido, generalmente de color rojo, que circula por las arterias y venas del cuerpo de los animales. Se compone de una parte líquida o plasma y de células en suspensión: hematíes, leucocitos y plaquetas. Su función es distribuir oxígeno, nutrientes y otras sustancias a las células del organismo, y recoger de estas los productos de desecho. (D.R.A.E.)

¿Por qué hay tipos de sangre?



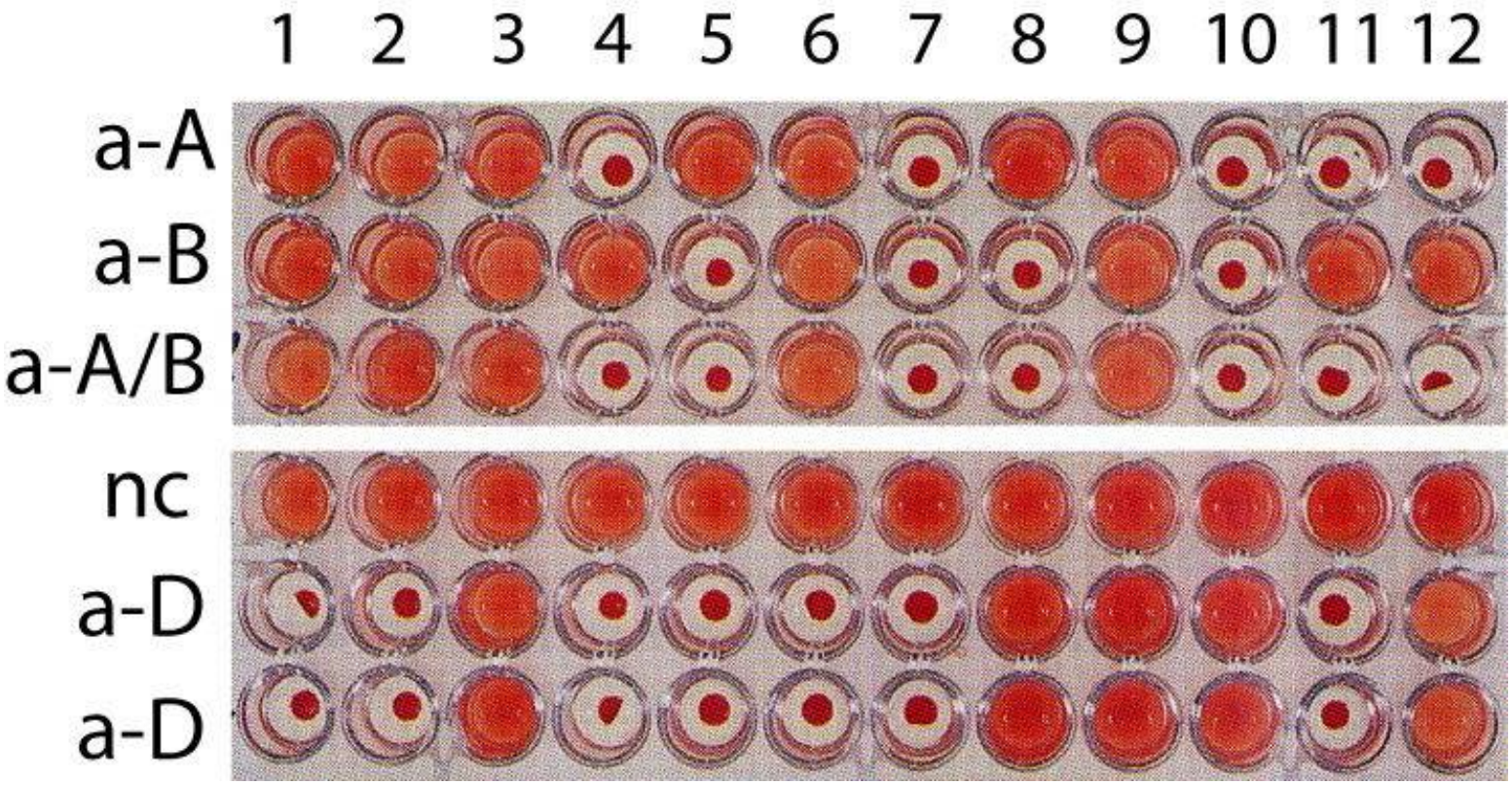
¿Por qué son incompatibles?



La química de la sangre

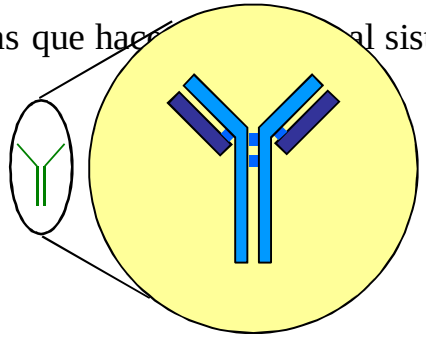
- ¿Qué es la sangre?

Líquido, generalmente de color rojo, que circula por las arterias y venas del cuerpo de los animales. Se compone de una parte líquida o plasma y de células en suspensión: hematíes, leucocitos y plaquetas. Su función es distribuir oxígeno, nutrientes y otras sustancias a las células del organismo, y recoger de estas los productos de desecho. (D.R.A.E.)

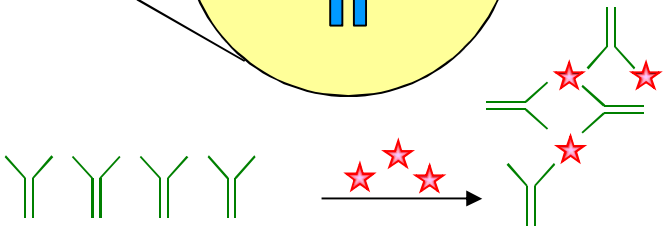


La química de la sangre

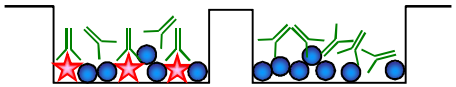
- **Anticuerpos**: Moléculas del cuerpo que reconocen “selectivamente” a otras moléculas.
- **Antígenos**: Moléculas que hacen [illegible] al sistema inmune.



- Anticuerpos
- Antígenos



Inmunoensayos: FIA, RIA, **ELISA**

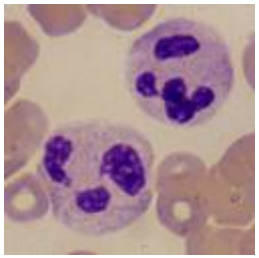


Análisis de drogas, VIH-1, hormonas, enfermedades, grupo sanguíneo

La química de la sangre

- ¿Qué es la sangre?

Líquido, generalmente de color rojo, que circula por las arterias y venas del cuerpo de los animales. Se compone de una parte líquida o plasma y de células en suspensión: hematíes, leucocitos y plaquetas. Su función es distribuir oxígeno, nutrientes y otras sustancias a las células del organismo, y recoger de estas los productos de desecho. (D.R.A.E.)

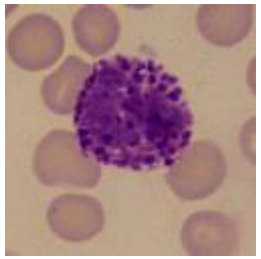


Neutrófilos (PMN)

Vida corta

Ingieren a las sustancias extrañas y se mueren

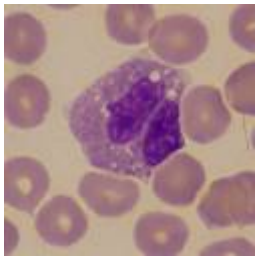
1.500 a 1.700 / μL



Basófilos

Promueven la inflamación de los tejidos circundantes

Hasta 200 / μL



Eosinófilos

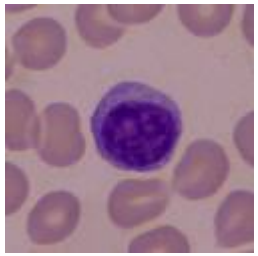
Capaces de atacar y dañar a los grandes parásitos extracelulares

Hasta 500 / μL

La química de la sangre

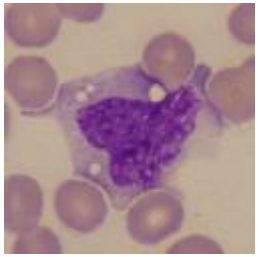
- ¿Qué es la sangre?

Líquido, generalmente de color rojo, que circula por las arterias y venas del cuerpo de los animales. Se compone de una parte líquida o plasma y de células en suspensión: hematíes, leucocitos y plaquetas. Su función es distribuir oxígeno, nutrientes y otras sustancias a las células del organismo, y recoger de estas los productos de desecho. (D.R.A.E.)



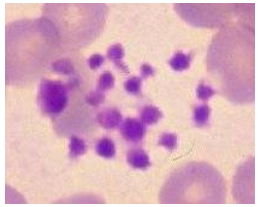
Linfocitos

Reconocen de forma específica patógenos individuales
Pueden ser "B" y "T".
Entre 1.000 y 5.000 / μL



Monocitos

Capturan, ingieren y destruyen partículas (incluidos agentes infecciosos)
Entre 200 y 800 / μL



Plaquetas (trombocitos)

Encargadas de la coagulación de la sangre
Entre 4.500 y 11.000 / μL

Fotografías, universidad de Lérida (griho2.udl.es)

La química de la sangre

ELECTROLITOS

- **Osmolalidad**: milimoles de soluto por kg de agua
- **Valor de referencia**: 275 a 295 mosm/kg
- **Osmolalidad alta**, induce la sed y la secreción de ADH

11	22,989
Na	
Sodio	

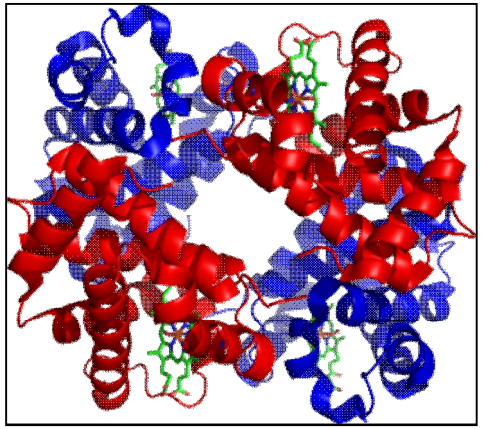
- **Más abundante en el líquido extracelular que en el interior de las células.**
- **La bomba iónica NAK ATPasa extrae $3Na^+$ de la célula e introduce $2K^+$.**
- **Valores bajos por ejemplo en diarreas, vómitos prolongados, quemaduras graves.**
- **Valores altos ante pérdidas de agua, p.e. diarreas, quemaduras graves, problema renal.**

19	39,098
K	
Sodio	

- **Principal catión intracelular.**
- **Funciones excitabilidad neuromuscular, contracción del corazón.**
- **Valores bajos por ejemplo Vómito, diarrea, tumor intestinal, quimioterapia.**
- **Valores altos ante pérdidas de agua, p.e. insuficiencia renal, enfermedad de Addison.**

La química de la sangre

HEMOGLOBINA



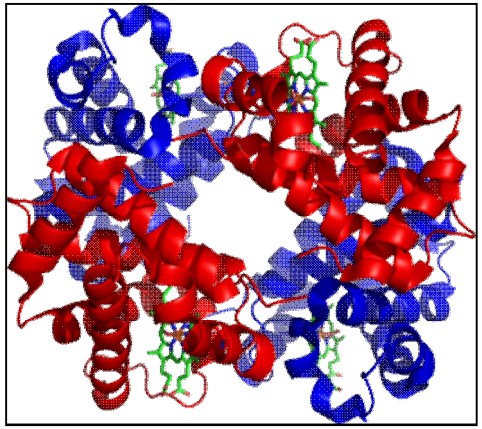
- Es la proteína que transporta el oxígeno
- Valor de referencia: 135 a 170 g/L
- Contiene cuatro átomos de hierro (*ion ferroso* o Fe^{2+})

Hace más de 100 años, se determinó que el contenido en hierro de la hemoglobina era del 0,34%. Teniendo en cuenta que hoy en día se sabe que el peso molecular de la hemoglobina es de 64.500 $g \cdot mol^{-1}$, ¿qué conclusión puede extraerse respecto de la cantidad de átomos de hierro en la hemoglobina?

$$64.500 \frac{g\ Hgb}{mol\ Hgb} \cdot 0{,}34 \frac{g\ Fe}{100\ g\ Hgb} \cdot \frac{1\ mol\ Fe}{55{,}845\ g\ Fe} = 3{,}9 \sim 4 \frac{mol\ Fe}{mol\ Hgb}$$

La química de la sangre

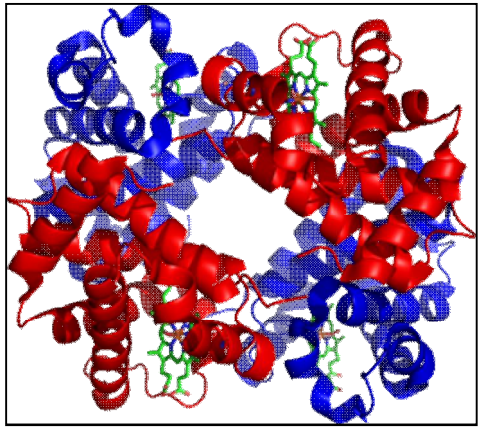
HEMOGLOBINA



- Es la proteína que transporta el oxígeno
- Valor de referencia: 135 a 170 g/L
- Contiene cuatro átomos de hierro (*ion ferroso* o Fe^{2+})

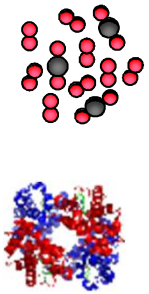
La química de la sangre

HEMOGLOBINA



- Es la proteína que transporta el oxígeno
- Valor de referencia: 135 a 170 g/L
- Contiene cuatro átomos de hierro (*ion ferroso* o Fe^{2+})

www.fotocommunity.es



es.123rf.com

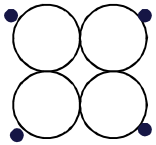
CO

HCN

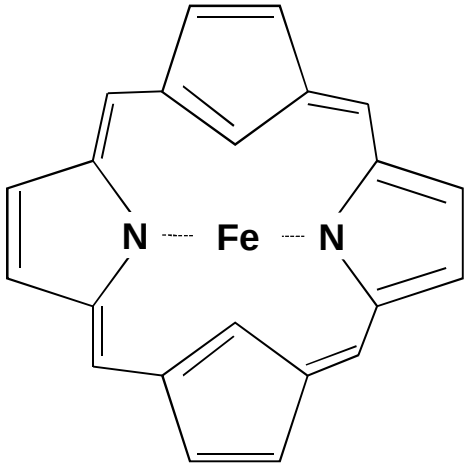
¡La hemoglobina deja de funcionar!

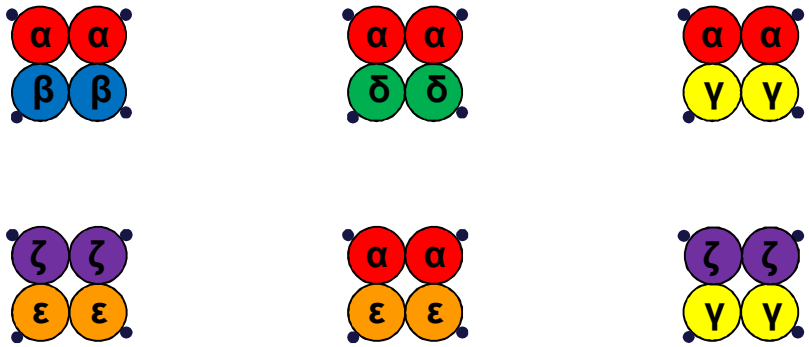
La química de la sangre

- Consta de 4 cadenas polipeptídicas, cada una con un grupo hemo



- Dichas cadenas pueden ser α, β, γ, δ, (ε), (ζ)
  - Hemoglobina A_1, mayoritaria en adultos
  - Hemoglobina A_2, menos del 3% del total en adultos
  - Hemoglobina F, el resto (<1%). Mayoritaria en fetos, 60% al nacer
  - El resto de cadenas aparecen en el embrión: *Gower I* y *II*, *Portland I*





La química de la sangre

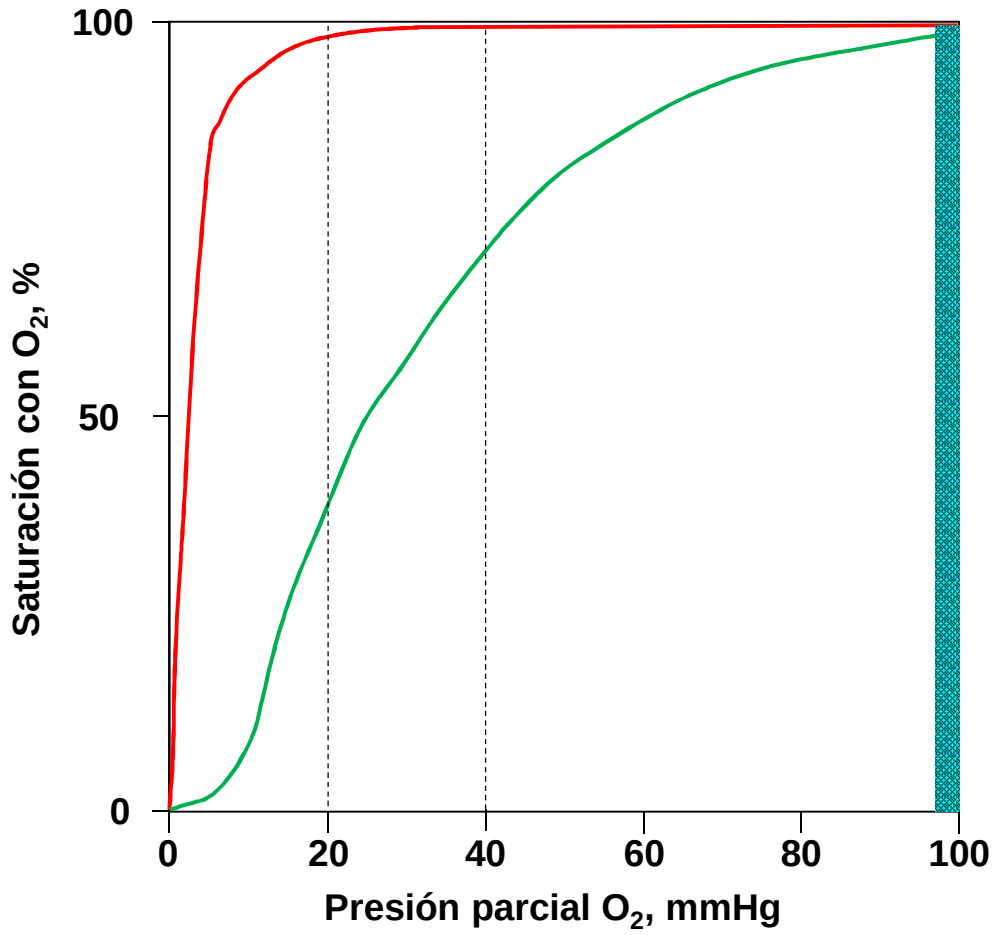
Defectos cualitativos: hemoglobinopatías

- **Hemoglobina S,** 6ª posición de la cadena β: Val en lugar de Glu
- **Hemoglobina C,** 6ª posición de la cadena β: Lys en lugar de Glu
- **Hemoglobina SC,** Menos grave que la anemia falciforme homocigótica, pero sintomatología similar

Defectos cuantitativos: talasemias

- **α-talasemia,** Defecto en la producción de cadenas α
- **β-talasemia,** Defecto en la producción de cadenas β

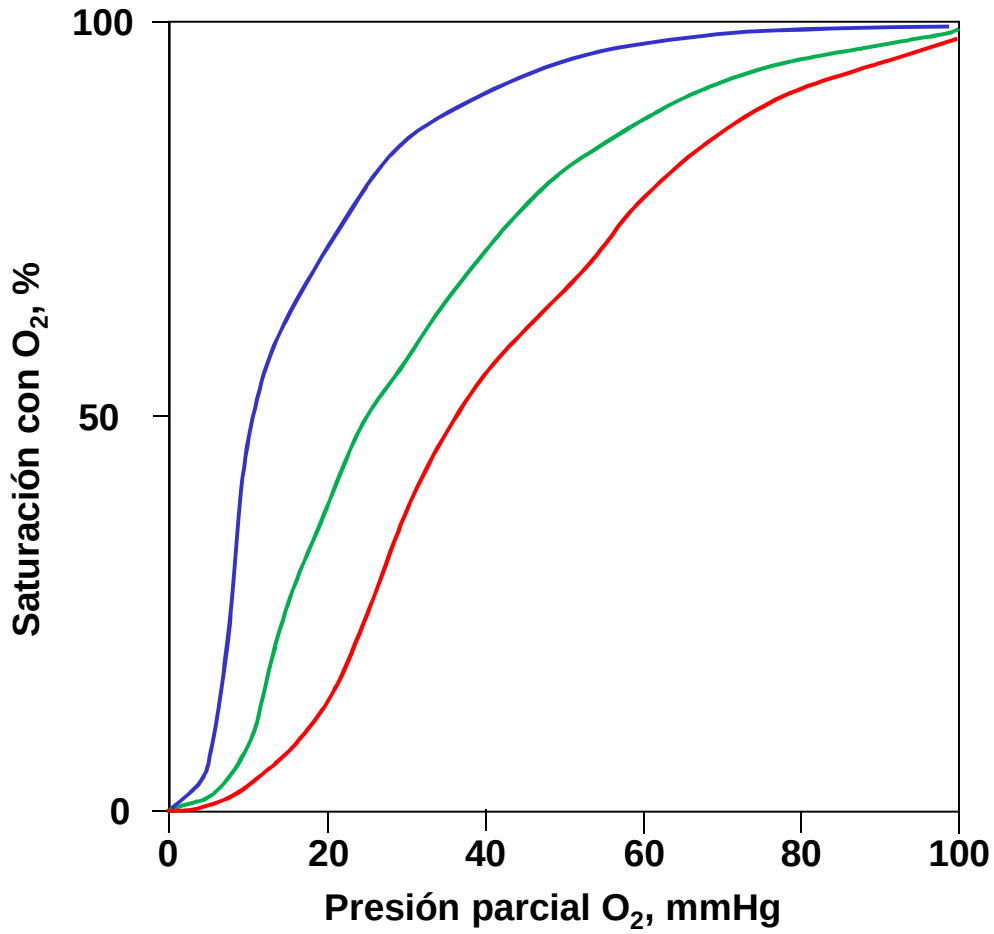
La química de la sangre



Mioglobina

Hemoglobina

La química de la sangre



pH = 7,6 (pulmones)

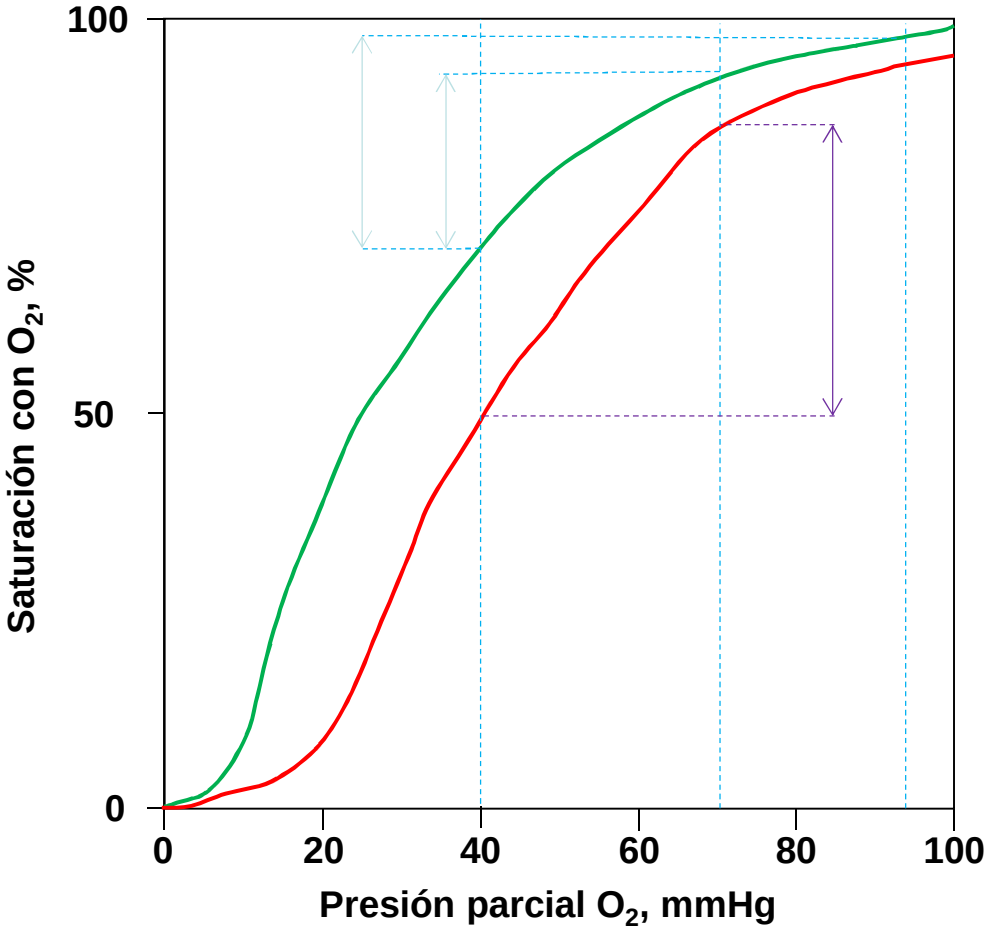
pH = 7,4 (sangre)

pH = 7,2 (tejidos)

$$HHb^+ + O_2 \rightleftharpoons HbO_2 + H^+$$

- El CO_2, disminuye la afinidad por el O_2.
- El O_2, disminuye la afinidad por el CO_2.

La química de la sangre

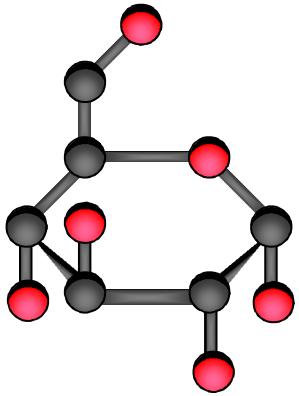


P_{O_2} ↓

P_{O_2} ↑

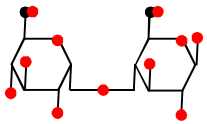
Difosfoglicerato (DGP)

La química de la sangre

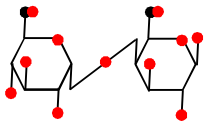


- Es el principal combustible del cuerpo
- Valor de referencia: 0,76 a 1,10 g/L (4,2 a 6,1 mM)
- No es el azúcar de mesa (sacarosa)
- Químicamente es un *monosacárido* (“un azúcar”)

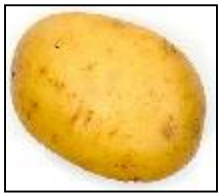
Glucosa, **fructosa**, **manosa**, **galactosa**, **ribosa**, **…** **G** **F** **M** **Ga** **R** **…**



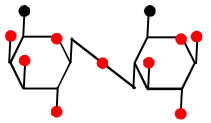
Maltosa



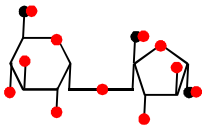
Celobiosa



Almidón
Amilasa

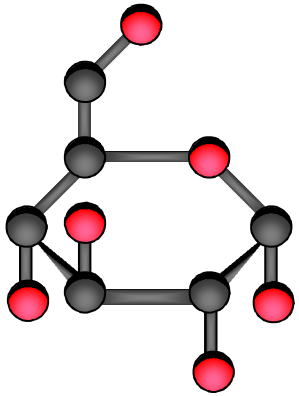


Lactosa

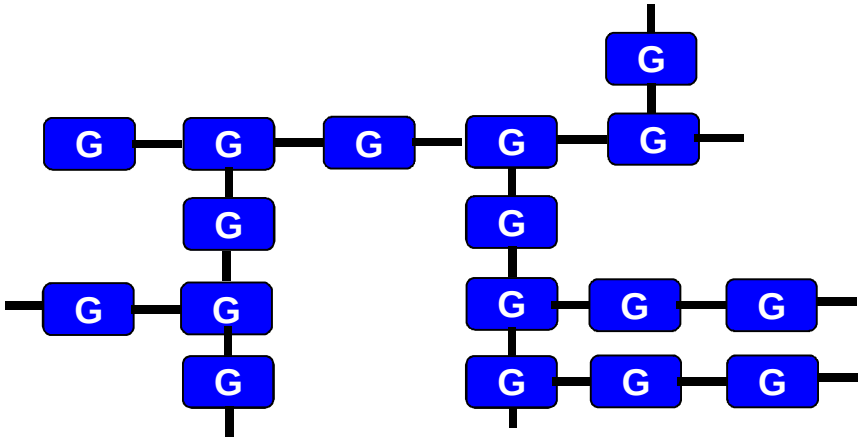


Sacarosa

La química de la sangre

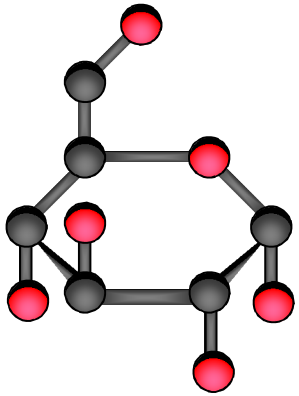


- [x] El **glucógeno** es la principal reserva de glucosa de las **células animales**.
- [ ]
- [ ]
- [ ]
- [ ]

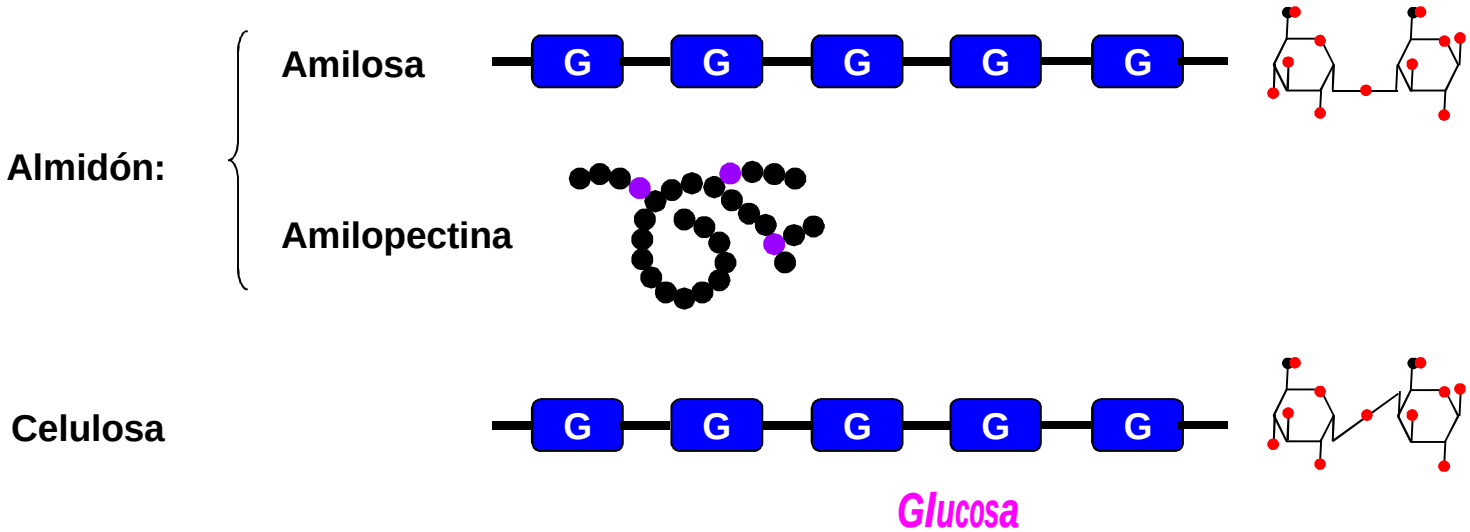


Glucosa

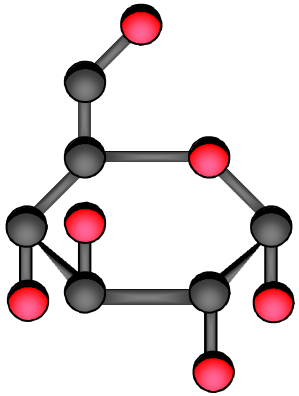
La química de la sangre



- [x] El **glucógeno** es la principal reserva de glucosa de las **células animales**.
- [x] El **almidón** es la principal reserva de glucosa de las **células vegetales**.
- [ ]
- [ ]
- [ ]



La química de la sangre

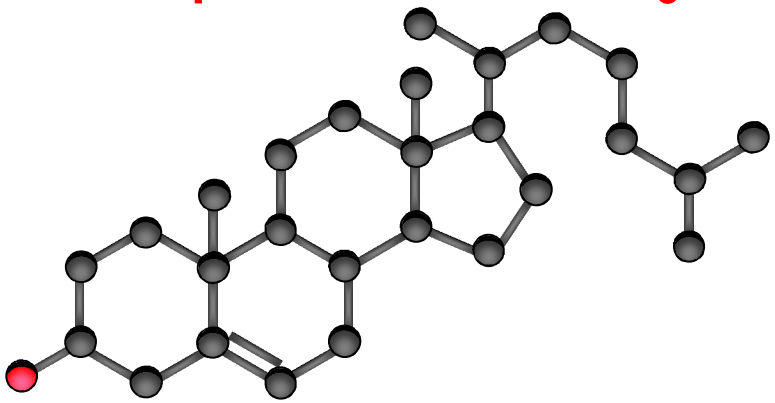


- El **glucógeno** es la principal reserva de glucosa de las **células animales**.
- El **almidón** es la principal reserva de glucosa de las **células vegetales**.
- La **insulina** retira la glucosa de la sangre.
- El **glucagón** induce la liberación de glucosa hacia la sangre.
- También actúan otras hormonas (adrenalina, adrenocorticotropa, tiroxina, etc).

Diabetes mellitus

- Tipo 1 — **No se produce insulina**
- Tipo 2 — **"No se le hace caso" a la insulina**
- Otros tipos específicos de diabetes
- Diabetes mellitus gestacional

La química de la sangre



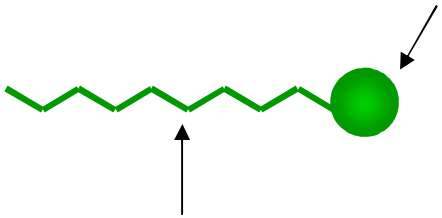
- Sintetizado casi **exclusivamente** por los **animales**.
- Forma parte de la **membrana celular**.
- En el hígado puede convertirse en **ácidos biliares primarios**.
- En ciertos tejidos puede transformarse en **hormonas esteroideas** (eg. testosterona, progesterona).
- Una pequeña parte puede acabar convirtiéndose por acción solar en **vitamina D_3**.

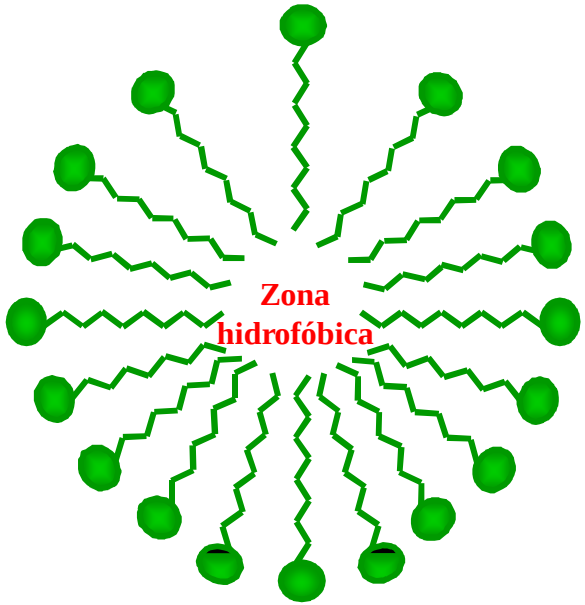
Colesterol

La química de la sangre

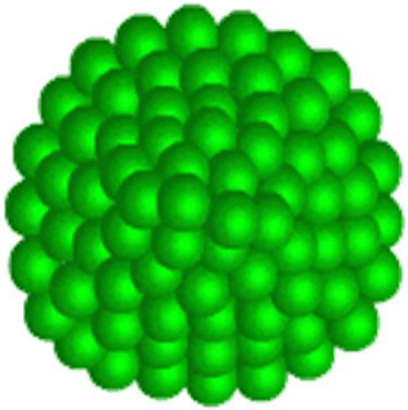
- ✓ El colesterol **no** es soluble en agua (la sangre es, mayoritariamente, agua).
- ? ¿Cómo podemos solucionar este problema?
- ☐

La química de la sangre





Hidros = Agua
Fobos = Terror, miedo
Filos = Amor

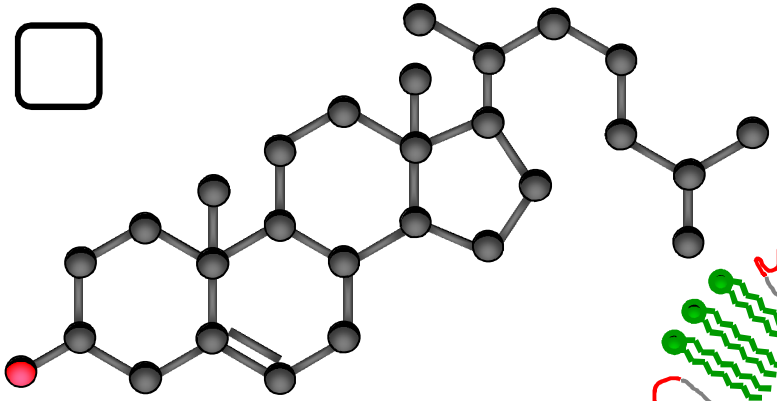


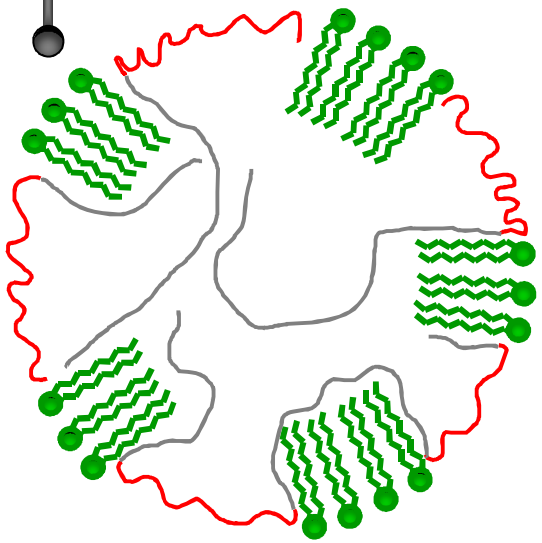
Uso en cremas, medicamentos, etc...

La química de la sangre

El colesterol **no** es soluble en agua (la sangre es, mayoritariamente, agua).

¿Cómo podemos solucionar este problema? **Lipoproteínas**.





Colesterol

La química de la sangre

El colesterol **no** es soluble en agua (la sangre es, mayoritariamente, agua).

¿Cómo podemos solucionar este problema? **Lipoproteínas**.

Las clasificamos según su **densidad**: a **menor densidad**, **más grasa**.

Lipoproteínas de…	Siglas	Densidad ($g\ mL^{-1}$)	Lípidos (% peso)	Colesterol (% peso)	Diámetro (nm)
Muy baja densidad				2	30 – 80
Baja densidad					18 - 30
Alta densidad	HDL	1,063 – 1,210	50	19	5 - 12

Si la dieta es…

Rica en grasas sat

Pobre en grasas

LDL

HDL

Colesterol

La química de la sangre

Éster de colesterilo → Colesterol + ácido graso

↓ O_2

Colestenona+ H_2O_2

↓ Colorante

Color

Fórmula de Friedewald

$$LDL_C = CT - \left(HDL_C + \frac{TG}{2,21}\right) \text{ en } \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

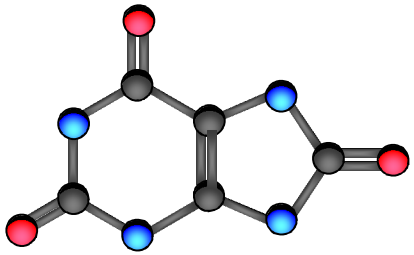
Triglicérido + H_2O → Glicerol + ácido graso

Glicerol + ATP → Glicerolfosfato + ADP

Glicerolfosfato + O_2 → Dihidroxiacetona + H_2O_2

Colorante + H_2O_2 → **Color**

La química de la sangre



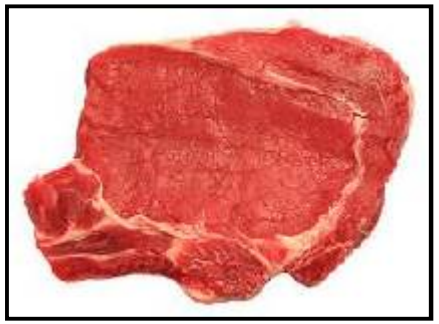
- En los **primates superiores** es el producto final de la descomposición de las *purinas* (**ADN, ARN**).
- Valor de **referencia**, entre **34** y **70 mg/L**.
- Al pH del plasma **precipita urato sódico** si la concentración es **>64 mg/L**.

Síndrome de Lesch-Nyhan (enfermedad genética)

Gota

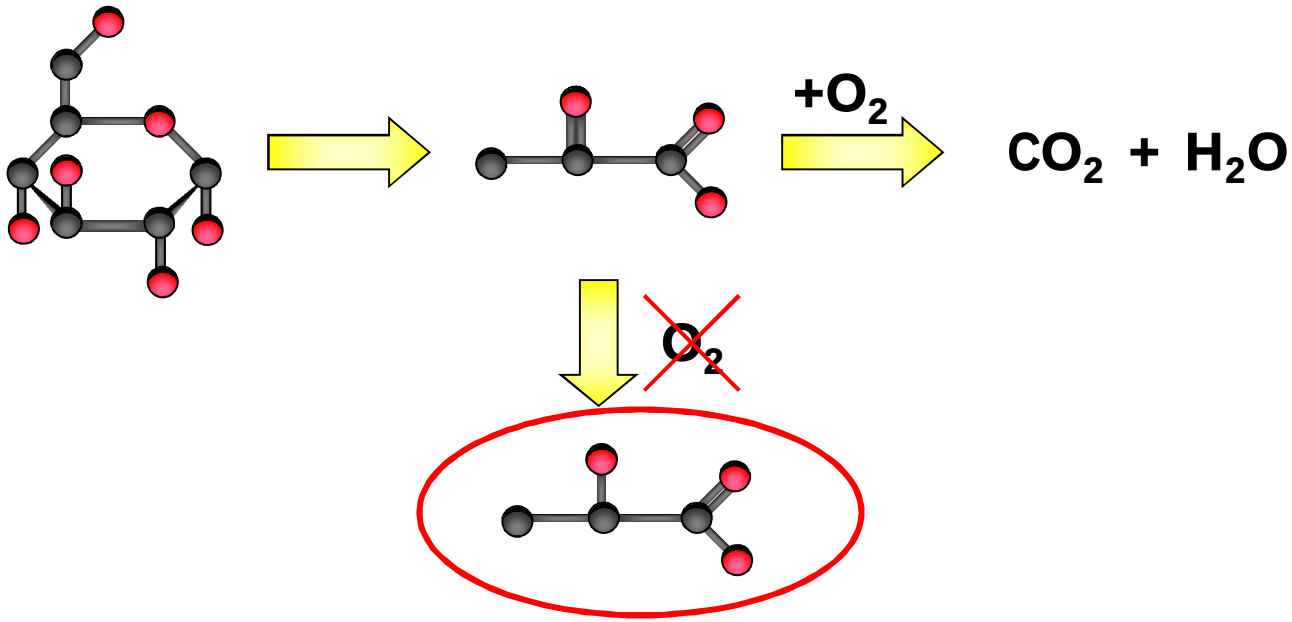
↓

Antaño común entre la nobleza y los ricos...



Ácido úrico

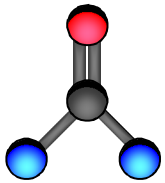
La química de la sangre



Según las teorías actuales, en realidad se deben a microrroturas de las fibras musculares.

La química de la sangre

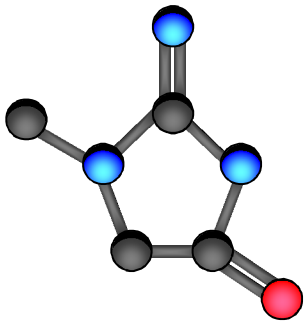
Urea



- Es el **producto excretorio** principal del metabolismo de las **proteínas**.
- Valor de **referencia**, entre **0,1** y **0,5 g/L**.
- ↑ **Insuficiencia renal**, **Deshidratación** ↓ **Ingestión reducida de proteínas**, **Enfermedad hepática grave**

Creatinina

- Es proporcional a la **masa muscular** individual.
- Valor de **referencia**, entre **4** y **11 mg/L**.
- La relación **urea/creatinina** ayuda al diagnóstico (urea)
- ↑ **Función renal anormal**, **Deshidratación** ↓ **Individuos desnutridos**, **Poca masa muscular**

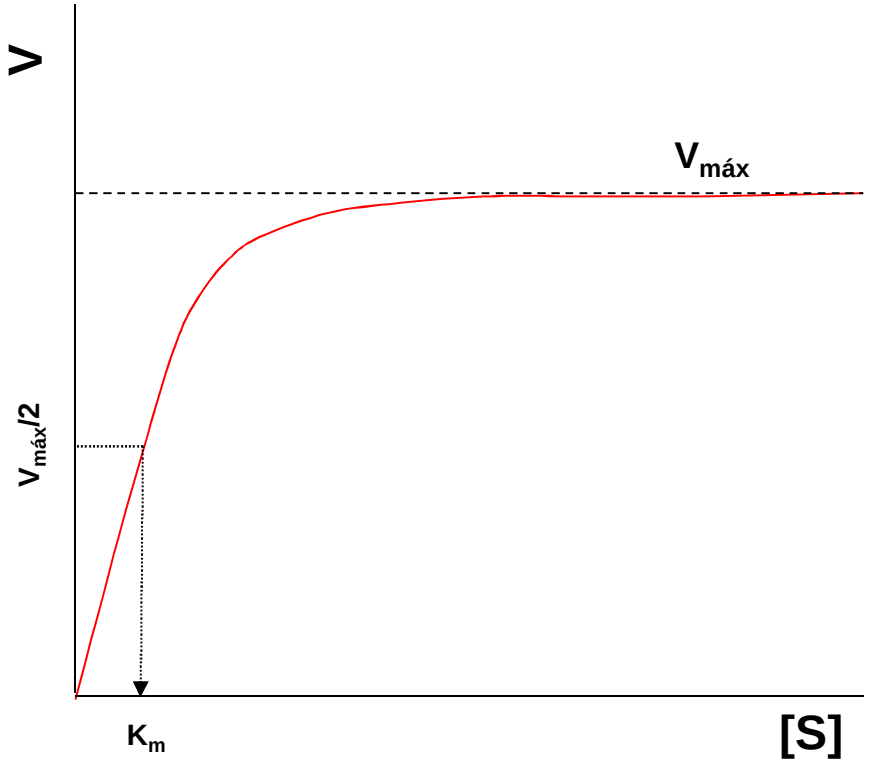


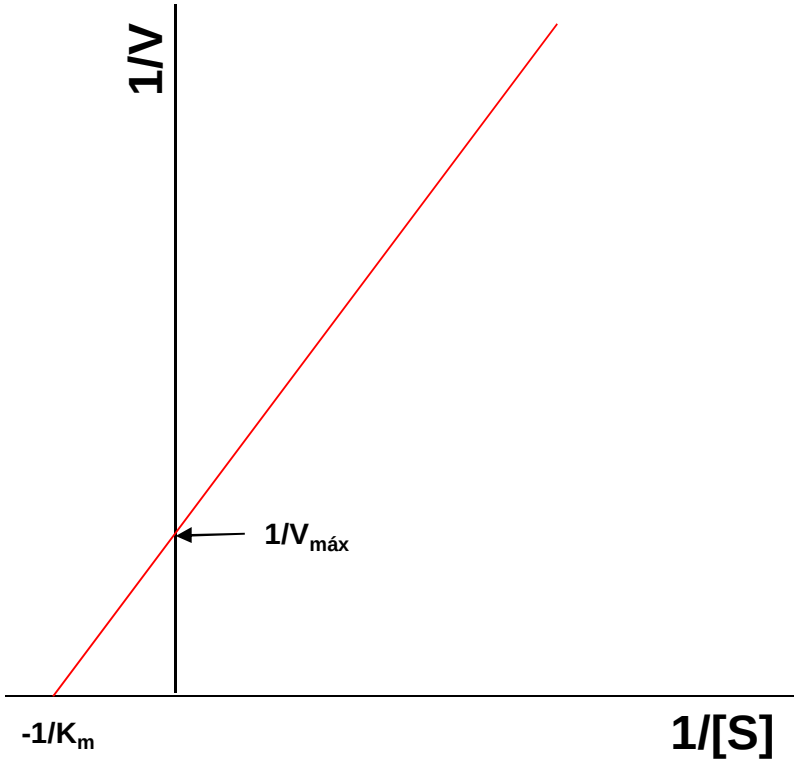
La química de la sangre *Enzimas*

- **Catalizadores de reacciones bioquímicas**

$$V = \frac{V_{máx} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$

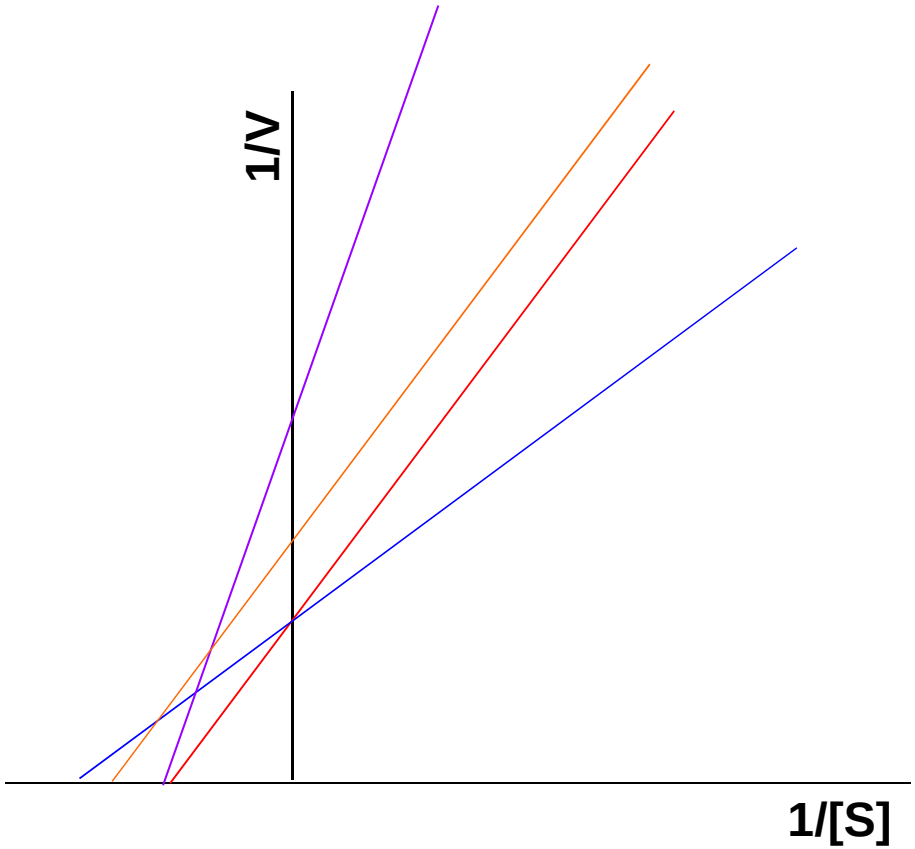
$$\frac{1}{V} = \frac{K_m}{V_{máx}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{máx}}$$





La química de la sangre *Enzimas*

- **Factores que influyen en la cinética enzimática**
  - ✓ Concentración del enzima
  - ✓ pH
  - ✓ Temperatura
  - ✓ Cofactores
  - ✓ Inhibidores



No inhibido

Inhibición competitiva

Inhibición no competitiva sobre E

Inhibición no competitiva sobre ES

La química de la sangre

Enzimas

Fosfatasa ácida	ACP	Carcinoma prostático
Fosfatasa alcalina	ALP	Trastorno hepático u óseo
Aminotransferasa de alanina	ALT	Trastorno hepático
Amilasa	AMS	Pancreatitis aguda
Aminotransferasa de aspartato	AST	Infarto de miocardio; trastorno hepático o del músculo esquelético
Cinasa de creatina	CK	Infarto de miocardio; trastorno del músculo esquelético
g-glutamiltransferasa	GGT	Trastorno hepático
Deshidrogenasa de glucosa-g-fosfato	G-6-PD	Anemia hemolítica inducida por fármacos
Deshidrogenasa de lactato	LD	Infarto de miocardio; trastorno hepático; carcinoma
Lipasa	LPS	Pancreatitis aguda
Seudocolinesterasa	PChE	Envenenamiento por organofosfato; variantes genéticas

La química de la sangre

Considerando que la *Escherichia coli* es una bacteria cilíndrica de 2 micras de longitud y una micra de diámetro, con una densidad media de 1,2 g/mL, con un 14% de su peso total de proteína, 1% de la cual es *β-galactosidasa*. Sabiendo que cuando se la hacer crecer en lactosa dicha bacteria sintetiza el enzima *β-galactosidasa* (PM 450.000 g/mol), calcular el número de moléculas de dicho enzima presentes en una bacteria crecida en lactosa.

1.-Volumen de la bacteria: $\Pi \cdot 0{,}5^2 \cdot 2 = 1{,}57\ \mu m^3$

2.-Cambio de unidades: $1{,}57\ \mu m^3 \cdot \dfrac{1\ cm^3}{10^{12}\ \mu m^3} = 1{,}57 \cdot 10^{-12}\ cm^3$

3.-Cálculo de la masa: $1{,}57 \cdot 10^{-12} \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}14 \cdot 0{,}01 = 2{,}64 \cdot 10^{-15}$ g enzima

4.-Cálculo de las moléculas: $2{,}64 \cdot 10^{-15} \cdot N_A / 450.000 = 3.530$ moléculas por célula

La química de la sangre

Un análisis cuantitativo de los aminoácidos revela que la seroalbúmina de buey contiene un 0,58% de Trp en peso, cuyo peso molecular es de 204 gramos por mol. Sabiendo que el peso molecular de la seroalbúmina se estima en 70.000 gramos por mol ¿cuántos residuos de Trp se hayan presentes?

1.-Calcular el peso en Trp — **70.000 g BSA/mol BSA · 0,0058 = 406 g Trp / mol BSA**

2.-Calcular los moles de Trp — **406 g Trp/molBSA / 204 g Trp/mol Trp = 2 mol Trp / mol BSA**

- *Química clínica. Principios, procedimientos y correlaciones*, **Michael L. Bishop, Ed. Mc Graw Hill**

- *Conceptos de bioquímica*, **Rodney Boyer, Ed. International Thomson editores**

Gracias por vuestra atención

- *Principios de bioquímica*, **Albert L. Lehninger, Ed. Omega**

- **https://www.youtube.com/watch?annotation_id=annotation_3841208353&feature=iv&src_vid=4WvnjCkLbvY&v=VY3Sd1edc8o**