

## Guía 1, problema 2

Reproduzca paso a paso los cálculos de la subsección “Estimate: Sizing Up E. coli”, pp 39-42 del libro “Physical Biology of the Cell” que se incluyen al final de la guía.

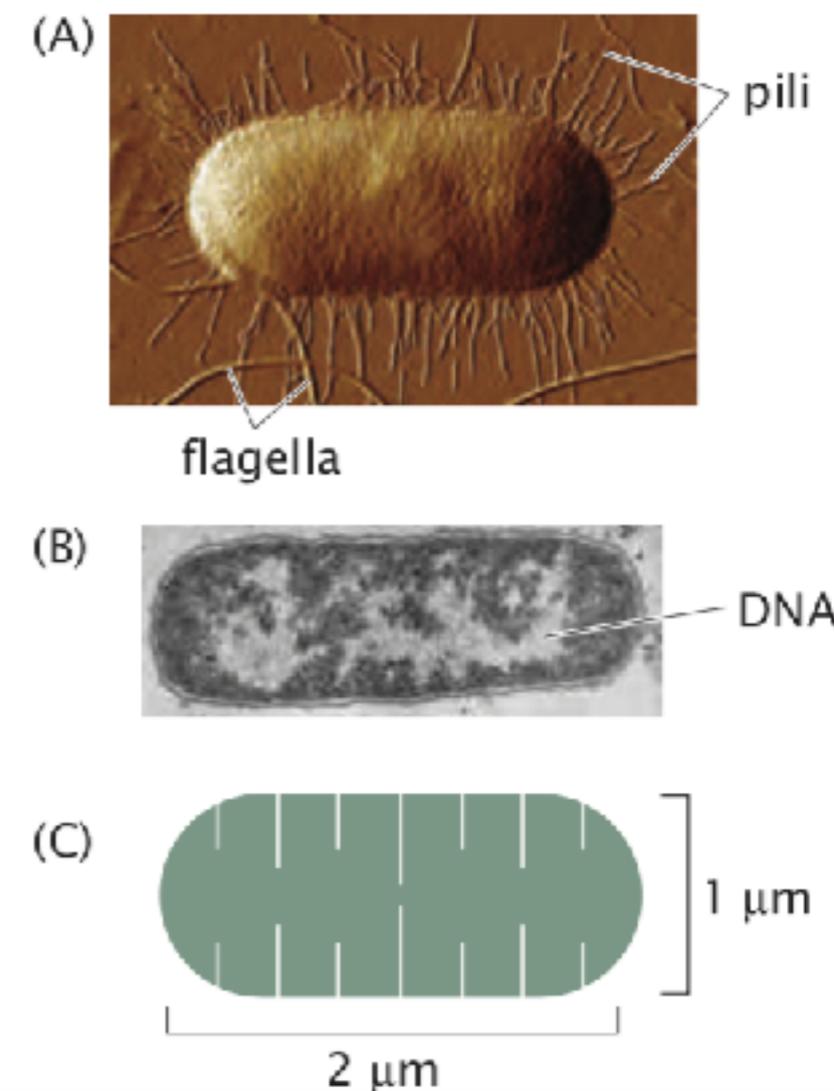
¿Por qué nos importa esta cuantificación?

Copiado del libro: “If a cell has a lot of some particular molecule, then it is appropriate to describe the concentration of that molecule as the basis for predicting cellular function. However, when a cell has only a few copies of a particular molecule, then we need to consider the influence of random chance (or stochasticity) on its function.”

Más del libro: “In this chapter, we will rely primarily on order-of-magnitude estimates based on simple assumptions.”

Más del libro: Tamaño de la *E coli*.

$$\begin{aligned} \text{Volumen (cil)} &= \text{Pi} * (.5\mu\text{m})^2 * 2\mu\text{m} = 1.6 \mu\text{m}^3 = 1.6 (10^{-5} \text{ dm})^3 \\ &= 1.6 \cdot 10^{-15} \text{ dm}^3 = 1.6 \cdot 10^{-15} \text{ L} = 1.6 \text{ fL} \end{aligned}$$



Volumen  $\sim 1\text{fL} = 10^{-15}\text{L}$ . Si usamos densidad del agua,  $1\text{kg/L}$ , masa =  $10^{-15}\text{kg} = 10^{-12}\text{g} = 1\text{pg}$

Table 2.1: Composition of bacterial cells, by weight. [From (Alberts *et al.*, 1997)]

<b>Small molecules (74%):</b>	
Ions, other inorganic small molecules	1.2%
Sugars	1%
Fatty acids	1%
Individual amino acids	0.4%
Individual nucleotides	0.4%
Water	70%
<b>Medium and big molecules (26%):</b>	
Protein	15%
RNA	6%
DNA	1%
Lipids	2%
Polysaccharides	2%

Mediciones: si sacamos el agua, la masa total pasa a ser un 30% del valor anterior,  $0.3\text{pg}$

Mediciones: la mitad de la masa seca corresponde a proteínas,  $0.15\text{pg}$ .

La masa seca de una bacteria, *E. coli*, contiene, por cada átomo de nitrógeno, aproximadamente 2 de oxígeno, 7 de hidrógeno y 4 de carbono (Bio by the numbers).

Masas atómicas:  $\text{N}=14$ ,  $\text{C}=12$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{H}=1$ .  $1\text{uma} \sim 1.67 \cdot 10^{-24} \text{g} \rightarrow \#\text{C} \sim 7 \cdot 10^9$  en una *E. coli*.

Masa de E coli que corresponde a proteínas, .15pg. Vamos a estimar a cuántas proteínas individuales corresponde, para lo que tenemos que estimar la masa de las proteínas

### Peso molecular de los aminoácidos

<b>Full name</b>	<b>three letter code</b>	<b>one letter code</b>	<b>MW(Da)</b>
alanine	Ala	A	89
arginine	Arg	R	174
asparagine	Asn	N	132
aspartic	Asp	D	133
cysteine	Cys	C	121
glutamic	Gln	E	146
glutamine	Glu	Q	147
glycine	Gly	G	75
histidine	His	H	155
isoleucine	Ile	I	131
leucine	Leu	L	131
lysine	Lys	K	146
methionine	Met	M	149
phenylalanine	Phe	F	165
proline	Pro	P	115
serine	Ser	S	105
threonine	Thr	T	119
tryptophan	Trp	W	204
tyrosine	Tyr	Y	181
valine	Val	V	117

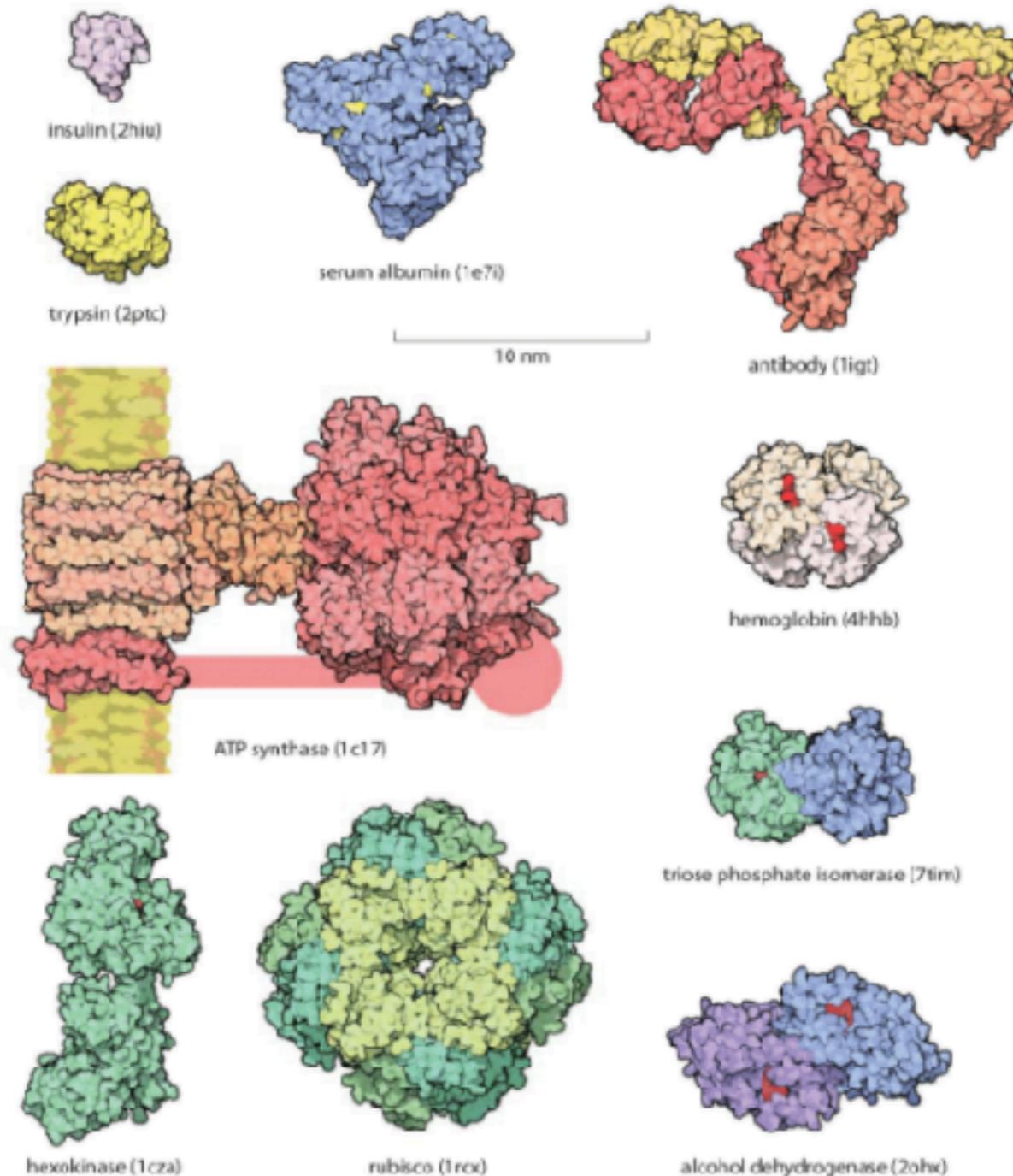
MW ~ 100Da

1Da =  $1.6 \cdot 10^{-24}$  g

¿Cómo es de grande una proteína típica? ¿Cuántos aminoácidos tiene?

<http://book.bionumbers.org/how-big-is-the-average-protein/>

Algunos ejemplos



Rubisco, MW~ 55 kDa

Esta proteína es la responsable de la fijación del carbono atmosférico. Es una de las más abundantes en la Tierra.

ATP synthase,  
MW≈500-600 kDa

Responsable de la síntesis del ATP

Si un aminoácido tiene  
MW~100 Da, 1 Rubisco  
tiene ~ 500 aminoácidos

El libro considera que una proteína típica tiene 300 aminoácidos, cada uno con una masa molecular de aproximadamente 100Da. O sea, la masa de esta proteína típica es 30kDa.

1Da =  $1.6 \cdot 10^{-24}$  g. Entonces, masa de una proteína típica  $\sim 5 \cdot 10^{-20}$  g

Masa total de proteínas 0.15pg, o sea, hay  $\sim 3 \cdot 10^6$  proteínas en una E coli. Suponiendo que un tercio de ellas están en la membrana, eso significa que hay  $2 \cdot 10^6$  proteínas en el citoplasma.

Masa total de agua  $\sim 0.7$ pg. Masa de una molécula de agua, 18 uma, o sea,  $\sim 3 \cdot 10^{-23}$  g. Eso significa que hay  $\sim 2 \cdot 10^{10}$  moléculas de H<sub>2</sub>O en una E coli.

Y así pueden seguir reproduciendo las cuentas del libro

## Guía 1, problema 3

Haga una estimación de la composición de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en la masa seca de una bacteria. Utilizando el conocimiento del tamaño y la masa de una bacteria, la fracción de esa masa que es “masa seca” (es decir, ~30%) y los componentes químicos de una célula, calcule los números enteros pequeños aproximados ( $< 10$ ) para el compuesto  $C_mH_nO_pN_q$ , es decir, encuentre  $m$ ,  $n$ ,  $p$  y  $q$ .

En realidad, el cálculo se hace tomando la composición típica de los aminoácidos y así se determinan los números para las proteínas. Después, se consideran las bases, los azúcares y los lípidos y se los determina para las otras moléculas de la tabla:

Table 2.1: Composition of bacterial cells, by weight. [From (Alberts *et al.*, 1997)]

El número promedio de átomos de C, H, O, y N en las cadenas laterales de los aminoácidos es  $C=3$ ,  $H=6$ ,  $N=1$  y  $O=1$ . La cadena principal tiene  $C=2$ ,  $H=2$  (2 se pierden durante la formación de la unión peptídica),  $N=1$ ,  $O=1$  (1 se pierde durante la formación de la unión peptídica). Esto da, para los péptidos, la fórmula:  $C_5H_8O_2N_2$ .

Haciendo un cálculo similar para los pares de bases, azúcares y lípidos (tomando la fosfatidiletanolamina como un ejemplo típico de lípido) se obtiene:  $C_9H_{11}O_6N_4$ ,  $C_5H_{10}O_5$ ,  $C_5H_{10}O_1$ .

A partir de la tabla se ve que la mayor parte de la masa corresponde a proteínas y por lo tanto la composición es más cercana a la de las proteínas.

Small molecules (74%):	
Ions, other inorganic small molecules	1.2%
Sugars	1%
Fatty acids	1%
Individual amino acids	0.4%
Individual nucleotides	0.4%
Water	70%
Medium and big molecules (26%):	
Protein	15%
RNA	6%
DNA	1%
Lipids	2%
Polysaccharides	2%