

Microbiología Ambiental – UNDAV

Repaso con ejercicios

Durante la materia seremos usuarios recurrentemente de conceptos matemáticos, fisicoquímicos y biológicos que conviene repasar hoy mismo:

Notación científica / para expresar concentraciones de microorganismos

Los números grandes, muy grandes o muy pero muy chiquitos se escriben en notación científica para facilitar su lectura y la realización de cálculos. Cualquier número racional puede escribirse en notación científica. La comodidad resulta de una notación más compacta, por ejemplo: la distancia de la Tierra al Sol es de 149600000000m, o sea... ¡¿ciento cuánto?! Ciento cuarenta y nueve mil seiscientos millones de metros. O, en notación científica: $1,496 \cdot 10^{11}$ m o “uno coma cuarenta y nueve por diez a la once”. Estamos hablando entonces de un número de orden de magnitud igual a 11, muy grande. Lo mismo sucede con lo muy pequeño, por ejemplo, un coronavirus mide en promedio 0,000000128m. Todos esos molestos ceros a la izquierda desaparecen con la notación científica: $1,28 \cdot 10^{-7}$ m. Nótese el signo negativo en el exponente para indicar un número menor a uno, o sea, menor a un metro en este caso. Al hacer énfasis en el orden de magnitud, es más sencillo comparar números rápidamente.

Además, se aprovechan las propiedades del exponente para realizar cálculos. Por ejemplo, ¿cuántas veces aumentó una población bacteriana si empezó con $2 \cdot 10^3$ bacterias y finalizó con $8 \cdot 10^8$ bacterias? Vamos por partes: $8/2 = 4$ y por el lado de los exponentes, $10^8/10^3 = 10^{(8-3)} = 10^5$. Entonces, la población aumentó: $4 \cdot 10^5$ veces.

jugando con números...



Para pasar un número a notación científica hay que seguir estas reglas básicas:

- ✓ El número que va delante de la potencia debe ser mayor o igual a 1 y menor o igual a 9.
- ✓ Ese número va seguido de una potencia de base 10.
- ✓ El exponente de la potencia es igual a la cantidad de números detrás del primer dígito para cifras grandes, o de ceros delante del primer dígito distinto de cero para cifras pequeñas.
- ✓ El signo del exponente es positivo para números mayores a 1 y negativo para números menores a 1.

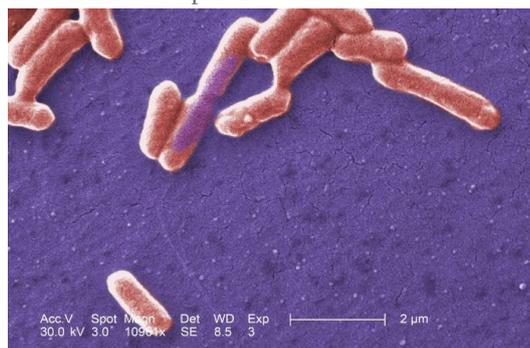
□ A. Pasar a notación científica las cifras que aparecen en cada ítem.

- I) Se estima que los primeros microorganismos en poblar la tierra, existieron hace 4000 millones de años.
- II) Se estima que cada persona infectada con SARS-CoV-2 porta al rededor de 10.000.000.000 viriones durante el pico de infección. Sender, R. et al. (2020)
- III) Se estima que en 1g de tierra puede haber hasta 40 millones de células bacterianas.
- IV) Una bacteria común, por ejemplo *Escherichia coli*, mide aproximadamente una millonésima parte de metro. Por eso, para verla necesitás un microscopio.
- V) La Nanotecnología es la tecnología de lo muy pequeño, de escala nanométrica. Un nanómetro mide la mil millonésima parte de un metro.
- VI) Las evidencias de las bacterias fósiles más antiguas datan de hace 3.900 millones de años.
- VII) Al cabo de un mes de aparecer los primeros casos de COVID- 19, se pudo aislar y secuenciar el coronavirus SARS-Co-V-2, publicándose la secuencia de su RNA integrado por cerca de treinta mil nucleótidos. Nombela, C. (2020)
- VIII) Según estimaciones, existen alrededor de ocho coma siete millones de especies habitando el planeta Tierra. La mayoría son microorganismos.
- IX) La población microbiana del intestino humano incluye unos cien billones de bacterias de unas 500 a 1.000 especies distintas. Guarner, F. (2007)
- X) En el año 2012, se realizó una evaluación sobre la carga microbiológica del agua superficial de dos afluentes del Arroyo Santo Domingo, ubicado en el Partido de Avellaneda. Los resultados indicaron alta contaminación por Coliformes totales, con concentraciones de hasta 11 millones de microorganismos/100ml estimados mediante NMP (Número más probable). (Elordi et al. 2012)

□ B. Resuelva los siguientes ejercicios sin calculadora utilizando la notación científica:

- I) Calcule la cantidad aproximada de *Escherichia coli* puestas en fila que son necesarias para dar la vuelta a la Tierra sabiendo que cada 10.000 bacterias hay 3 centímetros de largo y dar la vuelta al mundo yendo por el ecuador equivale a recorrer 40.000 kilómetros.
- II) Calcule el volumen total de capacidad en mililitros de una celda de relleno sanitario de disposición final de residuos la cual mide 10 metros de ancho , 4 metros de alto y 8 metros de largo.

Microscopía electrónica de *E. coli*



Propiedades de logaritmo / para realizar cálculos de crecimiento bacteriano

- ✓ $\log(a \cdot b) = \log(a) + \log(b)$
- ✓ $\log(a/b) = \log(a) - \log(b)$
- ✓ $\log(a^b) = b \cdot \log(a)$

□ **C. Resuelva hasta obtener un número describiendo el desarrollo para llegar al resultado (no necesita ningún dato):**

- I. $\log(x/y) - \log(x \cdot y) + \log(y^2) + 7 =$
- II. $\frac{\log(x^4) - \log(x)}{\log(x^2)} =$
- III. $\frac{2 \log(y^2) + \log(y^4)}{\log(y^4)} =$

Reacciones redox / para entender metabolismo y ciclos biogeoquímicos

Las reacciones redox son reacciones de oxidación y reducción. Eso significa que ocurre un traspaso de **electrones** de una especie química a otra durante la reacción. Como resultado, una molécula o ion se reduce y otro se oxida. El que se reduce es el que **GANA** electrones y el que se oxida es el que **CEDE** electrones.

La identificación de la especie que se oxida y la que se reduce en una ecuación química se logra comparando los **ESTADOS DE OXIDACIÓN** de los productos y los reactivos. Mientras una sustancia aumenta el número de oxidación de uno de sus elementos (se **OXIDA**), otro reduce su número de oxidación (justamente, se **REDUCE**).

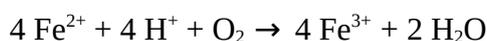
Las sustancias simples se componen de átomos del mismo elemento, por ejemplo el ozono: O_3 . En estos casos, el número de oxidación del elemento es cero.

En los azúcares, el número de oxidación del carbono es aproximadamente cero.

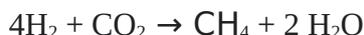


□ **D. Indica cuál elemento se oxida y cuál se reduce en las siguientes situaciones**

I) La bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* es utilizada en biominería para catalizar la siguiente reacción:



II) La metanogénesis es un proceso en el cual la materia orgánica se degrada anaeróbicamente mediante bacterias. Este proceso es explotado continuamente y a gran escala en los biorreactores para producir biogás.



Bases de termodinámica y cinética de reacciones / para entender la función biológica y el rendimiento energético de las rutas metabólicas

✓ Concepto de Espontaneidad y No Espontaneidad

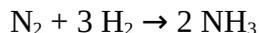
Se dice que la reacción química $\text{A} \rightarrow \text{B}$ es espontánea si la reacción es favorable energéticamente. Es decir, si A da B con la consecuente liberación de energía libre. Generalmente, las reacciones espontáneas liberan energía en forma de calor. Otras veces, las reacciones espontáneas están favorecidas por un aumento en la entropía de los productos, es decir, un aumento del “desorden” molecular de ellos. Ambas magnitudes, calor (entalpía) y desorden (entropía) componen la “Energía Libre”. La energía libre involucrada en una reacción se llama **Energía Libre de Gibbs (G)**. El cambio en la energía de Gibbs (ΔG) determina la espontaneidad o no de una reacción. Cuando el ΔG es **negativo**, la reacción es espontánea. Cuando el ΔG es **positivo**, la reacción NO es espontánea, y eventualmente requiere del aporte de energía externa para poder ocurrir. Si $\text{A} \rightarrow \text{B}$ NO es espontánea ($\Delta G > 0$), entonces, ¿cómo cree que será la reacción inversa, $\text{B} \rightarrow \text{A}$? Sí, B da espontáneamente A ($\Delta G < 0$)! Como dijimos, ΔG depende de ΔH (entalpía) y ΔS (entropía) como vemos en la fórmula:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

donde T es la temperatura expresada en grados Kelvin.

✓ Concepto de Cinética de la Reacción

Ya sabemos que existen reacciones espontáneas y NO espontáneas según nos dicta el ΔG de cada reacción. Sin embargo, como ya habrá advertido, en la fórmula de Energía Libre de Gibbs no aparece la componente temporal, no figura el factor TIEMPO. Es así, que una reacción espontánea puede tardar una infinidad de tiempo... Por ejemplo, la reacción de formación de amoníaco:



tiene un $\Delta H = -93 \text{Kj/mol}$ y un $\Delta S = -198 \text{j/mol}^\circ\text{K}$.

O sea, que a temperatura ambiente ($25^\circ\text{C} = 298^\circ\text{K}$):

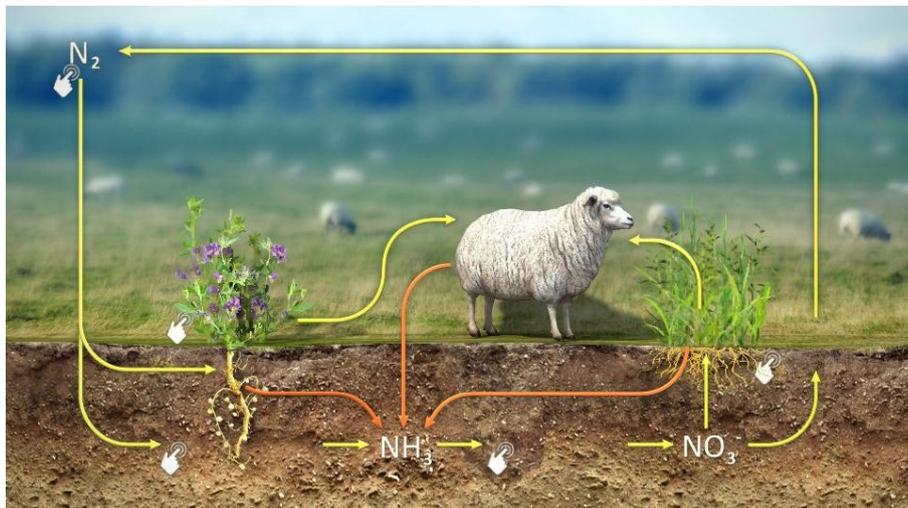
$$\Delta G = -93 \text{Kj/mol} - 298^\circ\text{K} \cdot (-0,198 \text{Kj/mol}^\circ\text{K}) = -93 \text{Kj/mol} + 59 \text{Kj/mol} = -34 \text{Kj/mol}$$

Como el ΔG resultante es negativo, la reacción es espontánea. Pero... experimentalmente se sabe que es extremadamente lenta en condiciones normales de presión y temperatura. Tarda algunos AÑOS en avanzar hasta el estado de **equilibrio!** Recuerde que el estado de equilibrio es el momento donde las reacciones químicas directa e inversa (la que genera amonio y la que lo consume para dar hidrógeno y nitrógeno) ocurren a la misma velocidad, manteniendo las concentraciones de dichas especies CONSTANTES.

Cabe mencionar que la reacción de formación de **amoníaco**, que acabamos de ver, es de suma importancia tanto para la biósfera como para la industria. La evolución de las especies y el ingenio humano han resuelto a su forma el desafío de sintetizar amoníaco a partir de compuestos inorgánicos a velocidades convenientes. Es que el amoníaco es vital para la vida en la Tierra ya que es una fuente de nitrógeno biológicamente asimilable por las plantas, de hecho, es fabricado por el ser humano por su poder como fertilizante. Las pioneras fueron las bacterias fijadoras de nitrógeno. Sin ellas, no existiría el ciclo del nitrógeno, ya que todo el nitrógeno se acumularía indefectiblemente como nitrógeno gaseoso en la atmósfera, un gas muy poco reactivo que no puede ser aprovechado por los seres vivos, salvo –claro está- por las bacterias fijadoras de nitrógeno, como por ejemplo las bacterias del género *Rhizobium*.

Como podrá imaginar, la complejidad de sintetizar amoníaco está en la lentitud de la reacción. Dijimos que las bacterias y la humanidad resolvieron la cuestión. ¿Cómo? Con **catalizadores**. Los catalizadores son compuestos que aceleran la reacción sin alterar los productos. Participan de la reacción reduciendo la **energía de activación** de la reacción. Al hacer esto, la barrera cinética es reducida y los reactivos fluyen hacia la formación de productos más rápidamente. La genialidad de los catalizadores es que no se consumen, ya que se unen a los reactivos para darles mayor “reactividad” pero al momento de formarse los productos se liberan sin cambios y quedan disponibles para continuar catalizando la reacción. Las bacterias también usan catalizadores, en este caso proteínas, que llamamos ENZIMAS. Verá que durante esta cursada casi todas las reacciones biológicas que estudiemos estarán mediadas por enzimas, que aportarán velocidad y especificidad de reacción. Para estar vivo, se necesita un metabolismo rápido y preciso.

Un pantallazo al ciclo del nitrógeno



E. Explique:

I) ¿qué diferencia hay entre el cambio de energía libre de una reacción y la energía de activación?

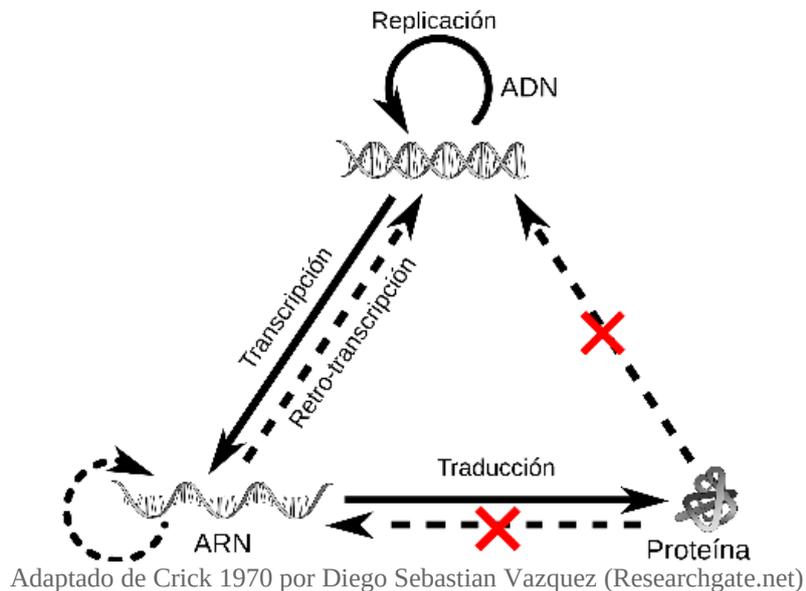
II) ¿Podría un organismo vivo sobrevivir sin enzimas? ¿Por qué son tan importantes para las reacciones biológicas?

Dogma central de la Biología / para entender la relación entre genes, enzimas y los efectos de las mutaciones en el metabolismo y otros aspectos

El llamado “dogma” central de la biología alude a un principio general que describe el flujo de la información genética desde la molécula de ADN, pasando por el ARN hasta llegar a la proteína. En este modelo, el ADN contiene en su secuencia unidades codificantes junto con secuencias regulatorias llamadas **genes**, donde se codifican proteínas, que son las moléculas efectoras de la información genética. Es decir, cumplen fácticamente con las funciones previstas en el ADN.

Para que una secuencia de nucleótidos en el ADN se traduzca en una secuencia de aminoácidos en la proteína, existe una molécula que media el traspaso de la información, el ARN. Mientras el ADN permanece en el nucléolo o en el núcleo de la célula, el ARN transcribe un gen y lo transporta hacia los ribosomas, donde la maquinaria de traducción genera una proteína según el Código Genético. Dicho código consta de una serie de codones o tripletes de bases ribonucleicas que se corresponden con un determinado aminoácido.

El dogma central es cierto, pero hoy sabemos que existen excepciones como el flujo “retrógrado” de la información genética de ARN hacia ADN, como ocurre con los llamados retrovirus, por ejemplo el famoso virus del VIH. También existen virus de ARN que no copian su genoma a ADN sino que se replican en forma de ARN y pueden traducir proteínas directamente desde su genoma, como el coronavirus. Otra excepción al dogma es que no todos los genes codifican proteínas, algunos simplemente codifican moléculas de ARN que son efectoras en sí mismas, como el ARN ribosomal (ARNr), los ARN de interferencia (ARNi) o las ribozimas.



La calidad informativa de un gen, según el dogma, radica en que su región codificante indica las instrucciones para la síntesis de una secuencia peptídica ordenada, que se pliega en una conformación determinada. Una proteína cumple una función específica gracias a su **conformación nativa**.

Una mutación en un gen que codifica para una proteína puede provocar la disfunción de la enzima al alterar radicalmente su conformación. De esta manera, un cambio en el genotipo (ADN) puede causar un cambio en el fenotipo (rasgos observables, por ejemplo, un perfil metabólico distinto al original). Las mutaciones pueden tener distinto grado de gravedad y pueden quedar expuestas a condiciones físico-químicas como la

temperatura o el pH. Justamente, porque la temperatura o el pH son factores que pueden afectar la conformación de una proteína.

F. Explique por qué una mutación de un gen que codifica para una proteína, podría alterar la estructura de la misma.