

Fisiología Vegetal 2010

Ingeniería Agronómica

Dr. Francisco A. Squeo

web <http://www.biouls.cl>

Equipo del Curso

PROFESOR COORDINADOR:

Dr. Francisco A. Squeo

PROFESORES LABORATORIO

MSc Nancy Olivares (Prof.)

PROFESOR INVITADO:

Dr. Cristian Ibañez



Libro de apoyo:

Cabrera (2004)

Nuevo Texto Guía:
Squeo y Caldemil "Fisiología Vegetal" (en preparación,
disponible en www.biouls.cl/librofv)

Libro "Fisiología Vegetal" ^{Cal}
Editores Francisco A. Squeo & Liliana Cardemil



Contraseña = fv

Temario Clase 1

- El Reino Vegetal
- La Célula vegetal
 - La ultra estructura
 - Pared Celular
 - Citoesqueleto
- Crecimiento Celular
- Conecciones intercelulares

Tabla 1-1 Esquema simplificado del sistema de cinco reinos en que se clasifican los organismos

VIRUS: Muestran características de la vida sólo cuando se introducen en células de organismos vivos; la mayoría de los biólogos los consideran sin vida cuando se les aísla de células vivas.

- I. MONERAS: * Organismos procarióticos (sin núcleo organizado u organelos celulares), incluyendo bacterias, algas verdeazules (cianobacterias) y micoplasmas. (Las ARQUEOBACTERIAS podrían constituir un reino aparte.)
- II. PROTISTAS: Organismos eucarióticos (con núcleo y organelos verdaderos), principalmente unicelulares, incluyendo protozoarios ("animales" unicelulares), algunas algas^a y mixomicetos.^a (Algunos autores incluyen todas las algas eucarióticas, aun formas multicelulares.)

III. HONGOS:^a Hongos verdaderos.

IV. VEGETALES: La mayoría de las algas y todas las plantas verdes; los vegetales verdaderos son los siguientes, más algunos grupos menores que no se mencionan:

Algas cafés^a

Algas rojas^a

Algas verdes^b

Musgos y hepáticas^a

Plantas vasculares (plantas superiores)

Helechos y afines^a

Cicadáceas y gimnospermas poco comunes^a

Coníferas (gimnospermas comunes)^b

Plantas con flores (angiospermas)^b

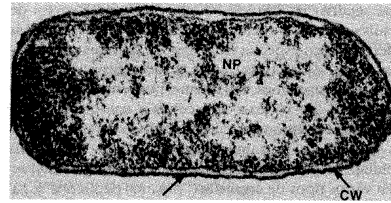
Monocotiledóneas

Dicotiledóneas

V. ANIMALES: Animales multicelulares.

^a Estudiados por la fisiología vegetal

^b De particular interés para la fisiología vegetal



célula procariótica (bacteriana)

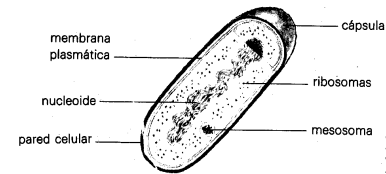


Figura 1-1 (a) Una célula procariótica, la bacteria *Escherichia coli*, aumentada 21 500 veces. El nucleóide (NP), equivalente procariótico del núcleo, ocupa el centro de la célula, y el citoplasma que circunda al núcleo tiene abundantes ribosomas. La célula está rodeada por la pared celular (PC) y la membrana plasmática (flecha) se halla justo bajo la pared celular. (Micrografía cortesía de William A. Jensen.) (b) Esquema de una célula procariótica generalizada. (W. A. Jensen y F. B. Salisbury, 1964.)

Tabla 1-2 Componentes de una célula procariótica^a

I. PARED CELULAR (con o sin cápsula)

II. MEMBRANA PLASMÁTICA o PLASMALEMA (algunas veces con invaginaciones denominadas mesosomas)

III. NUCLEOIDE (cadena circular sencilla de DNA, el material genético)

IV. CITOPLASMA (Todas las sustancias contenidas por la membrana plasmática, excepto el nucleóide)

A. Ribosomas (sitios de la síntesis de proteínas); de unos 15 nm de diámetro, que es menor al de los que se encuentran en células procarióticas)

B. Vacuolas (estructuras saculares, *mucho* más pequeñas que en las células vegetales)

C. Vesículas (vacuolas pequeñas)

D. Depósitos de reserva (azúcares complejos y otros materiales)

V. FLAGELLOS (Estructuras filiformes que sobresalen de las superficies celulares; capaces de realizar movimientos de batido que causan movimiento celular; consisten en varias cadenas espirales entrelazadas de una proteína llamada *flagelina*; de unos 15 a 20 nm de diámetro, más pequeñas que un microtúbulo)

^a No todas las células procarióticas tienen todas estas estructuras.

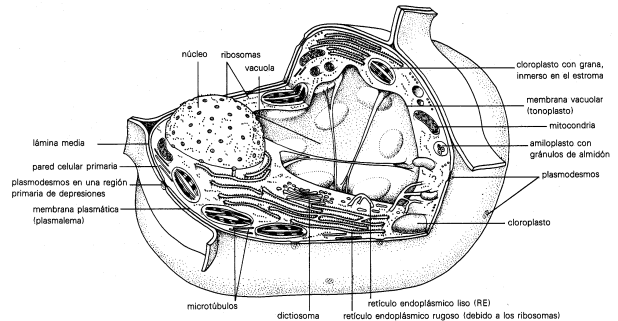


Figura 1-2 Célula vegetal generalizada. El dibujo se basa en el aspecto de los organelos celulares en micrografías electrónicas. (Dibujo por Cecile Durray-Bito.)

Tabla 1-3 Componentes de una célula vegetal eucariótica

I. PARED CELULAR^a

A. Pared primaria (aprox. 1/4 de celulosa); de 1 a 3 mm. de espesor

B. Pared secundaria (aprox. 1/2 de celulosa + 1/4 de lignina); puede tener 4 mm. de espesor, o más

C. Lámina media (capa cementante entre las células; principalmente pectina)

D. Plasmodesmos (hilos de membrana plasmática que penetran la pared celular); con 30 a 100 nm de diámetro

E. Depresiones simples y con borde

II. PROTOPLASTO (contenido de la célula, con excepción de la pared celular); 10 a 100 mm. de diámetro

A. Citoplasma (citoplasma + núcleo = protoplasma)

1. Membrana plasmática (plasmalema); 0.01 mm. (10 nm) de espesor

2. Sistema de endomembranas

a. Retículo endoplásmico (RE); 7.5 nm de espesor (cada membrana; cisternas con dos membranas de grosor variable)

b. Aparato de Golgi (consiste en dictiosomas; diámetro de 0.5 mm. a 2.0 mm.; membranas con 7.5 nm de espesor)

c. Envoltura nuclear (dos membranas unitarias); 25 a 75 nm de espesor

d. Membrana vacuolar (tonoplasto); 7.5 nm de espesor (véase Vacuolas más abajo)

e. Microcuerpos; 0.3 a 1.5 mm. de diámetro

f. Esferosomas y cuerpos proteinícos; 0.5 a 2.0 mm. de diámetro (rodeados por media membrana unitaria)

3. Citoesqueleto

a. Microtúbulos; 24 a 25 nm de espesor; centro de 12 nm

b. Microfilamentos; 5 a 7 nm de espesor

c. Otros materiales proteináceos

4. Ribosomas; 15 a 25 nm de diámetro (mayores que en los procariotes)

5. Mitocondrias (con membrana delimitante); 0.5 a 1.0 mm. por 1 a 4 mm.

6. Plastidios^b (organelos con membrana delimitante)

a. Proplastidios (plastidios inmaduros)

b. Leucoplastos (plastidios incoloros); amiloplastos (contienen gránulos de almidón, a veces proteína; *proteinoplastos*); oleoplastos (con grasas); etioplastos; y otros plastidios para almacenamiento de alimentos

Tabla 1.3 (continuación)

c. Cloroplastos; 2 a 4 mm. de espesor por 5 a 10 mm. de diámetro (pueden contener gránulos de almidón)

d. Cromoplastos (con frecuencia rojos, anaranjados, amarillos y otros colores)

7. Citosol (líquido en el cual están suspendidas la mayoría de las estructuras arriba mencionadas)

B. Núcleo (citoplasma + núcleo = protoplasma); 5 a 15 mm. o más de diámetro (véase Envoltura nuclear, más arriba)

1. Nucleoplasma (sustancia granular y fibrilar del núcleo)

2. Cromatina (cromosomas hechos visibles durante la división celular)

3. Nucleolo; 3 a 5 nm de diámetro

C. Vacuolas (de inexistentes a 95% del volumen celular; a veces más)

D. Sustancias ergásticas (inclusiones de materiales relativamente puros, frecuentes en plastidios o vacuolas)^a

1. Cristales (como oxalato de calcio)

2. Taninos^b

3. Grasas y aceites (en oleoplastos o glóbulos lipídicos)

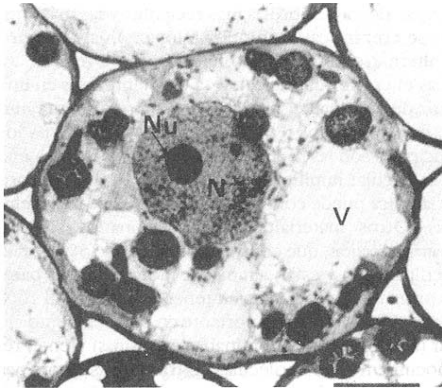
4. Gránulos de almidón (en amiloplastos y cloroplastos; véase más arriba)^b

5. Cuerpos proteinícos

E. Flagelos y cilios; 0.2 mm. de diámetro, 2 a 150 mm. de longitud

^a Sólo en células vegetales, micóticas y algunas protistas, pero raros en animales.

^b Sólo en células vegetales y algunos protistas.



Celula parenquimatosa de coleoptilo de maíz (microscopio óptico)

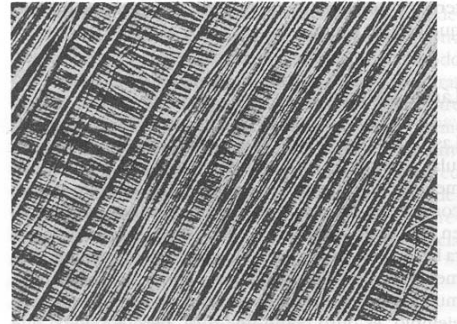


Figura 1-6 Arreglo ordenado de la disposición de microfibrillas de celulosa en una célula de la pared celular en maduración de un alga verde. 21 000 $\times$. (Cortesía de E. Frei y R. D. Preston, véase Frei y Preston, 1961.)

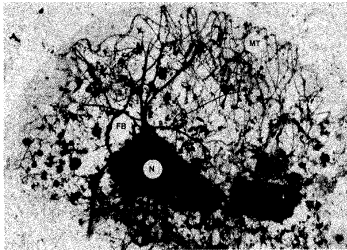


Figura 1-14 Preparación completa de citoesqueleto, con tinción negativa, de protoplasto de célula de zanahoria cultivado en suspensión. Cuando estas células se extraen en solución amortiguada isosmótica estabilizadora de los microtúbulos que contiene detergente, permanece la parte citoesquelética, que es insoluble en el detergente. Con la tinción negativa se observa que los citoesqueletos están compuestos de microtúbulos corticales (MT), vistos como asas bajo la periferia celular, y de haces de fibrillas (FB) de 7 nm, que parecen unirse al núcleo (N) y a la corteza celular. Se descubrió que este último elemento citoesquelético no está compuesto de la proteína *actina*.

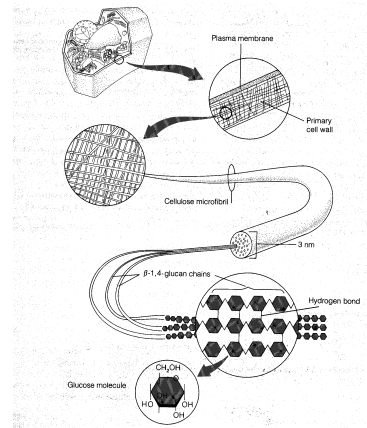


FIGURE 1-21 Cellulose microfibrils in the cell wall are made up of crystalline arrays of β -1,4-linked glucan chains held together by intermolecular hydrogen bonds.

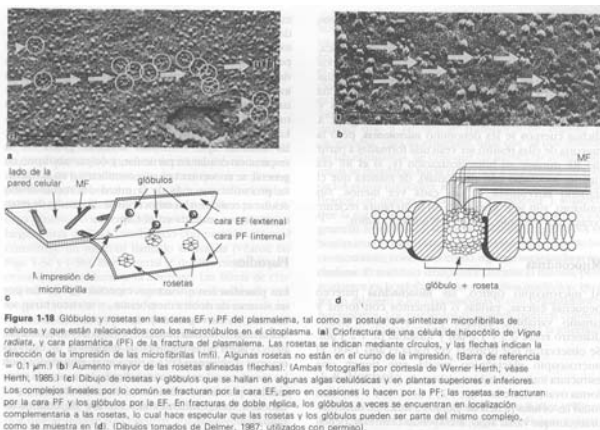
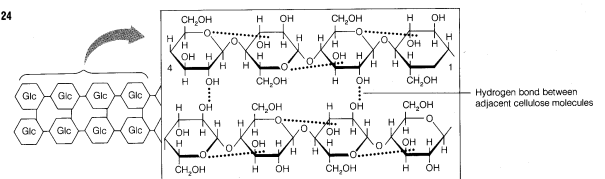
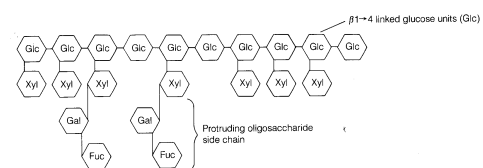


Figura 1-18 Globulos y rosetas en las caras EF y PF del plasmalema, tal como se postula que sintetizan microfibrillas de celulosa y que están relacionados con los microtúbulos en el citoplasma. (a) Crioestructura de una célula de hipocotilo de *Vigna radiata*, y cara plasmática (PF) de la fractura del plasmalema. Las rosetas se indican mediante círculos, y las flechas indican la dirección de la impresión de las microfibrillas (mf). Algunas rosetas no están en el curso de la impresión. (Barra de referencia = 0.1 μ m.) (b) Aumento mayor de las rosetas alineadas (flechas). (Ambas fotografías por cortesía de Werner Herth, véase Herth, 1965.) (c) Dibujo de rosetas y globulos que se hallan en algunas algas oceánicas y en plantas superiores e inferiores. Los complejos lineales por lo común se fracturan por la cara EF, pero en ocasiones lo hacen por la PF; las rosetas se fracturan por la cara PF y los globulos por la EF. En fracturas de doble réplica, los globulos a veces se encuentran en localización complementaria a las rosetas, lo cual hace especular que las rosetas y los globulos pueden ser parte del mismo complejo, como se muestra en (d). (Dibujos tomados de Deimer, 1967, utilizados con permiso.)

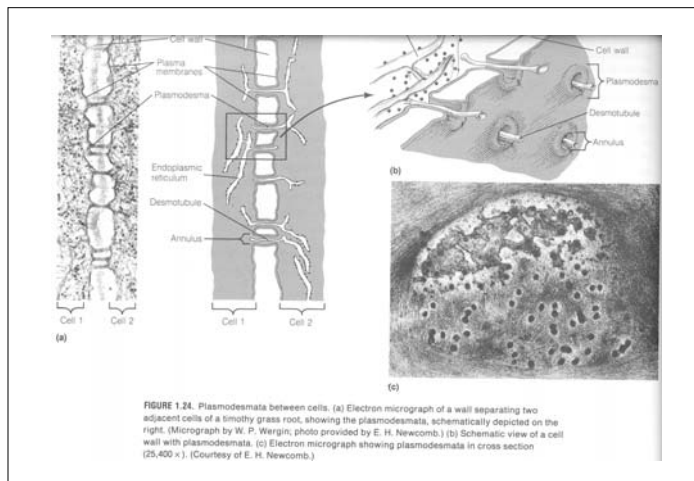
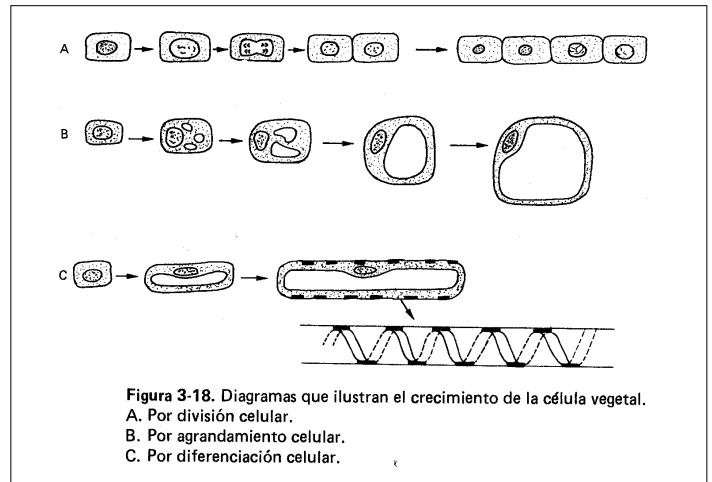
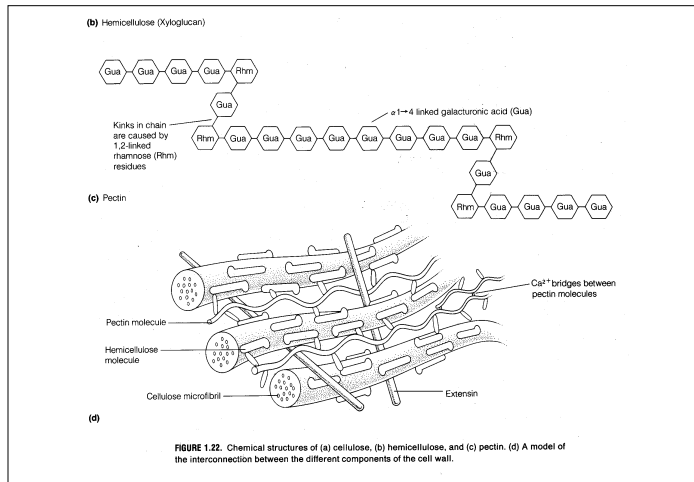
24



(a) Cellulose



(b) Hemicellulose (Xyloglucan)



Fisiología Vegetal

Clase 1 (parte 2) Energía

¿Que es la energía?

- no ocupa espacio y no tiene masa
- la observamos por sus efectos sobre la materia

Modelos de energía

- Teoría del quantum (niveles discretos de energía)
- Teoría cinética (James C. Maxwell et al.)
- Termodinámica

Teoría Cinética

- Las partículas elementales están en movimiento a temperaturas > cero absoluto (°K)
- Supone gas perfecto compuesto por moléculas con movimiento continuo, al azar e independiente
- Las moléculas chocan contra las paredes del recipiente (presión del gas)
- Las partículas son elásticas (rebotan conservando la energía)
- Las partículas no poseen volumen

Velocidad promedio de las partículas

$$V_{\text{prom}} = \left(\frac{8RT}{\pi M} \right)^{1/2}$$

donde

V_{prom} = velocidad promedio en metros/segundo (m s⁻¹)

R = constante molar de los gases (8.3144 J mol⁻¹ K⁻¹; J = m² • kg s⁻²)

T = temperatura absoluta en kelvins (K)

M = peso molecular en gramos/mol (g mol⁻¹; también llamado **dalton**, Da)

π = 3.1416

Tabla 2-2 Algunos valores moleculares de tres gases

	H ₂	O ₂	CO ₂
Peso molecular del gas (Da)	2.01	32.0	44.0
Velocidad promedio a 0°C, metros/segundo (m s ⁻¹)	1 696	425	362
Velocidad promedio a 30°C (m s ⁻¹)	1 787	448	382
Velocidad promedio a 100°C (m s ⁻¹)	1 982	497	424
Trayectoria libre media (nm) entre colisiones con otras moléculas, a 0°C y una atmósfera (atm) de presión	112	63	39
Número de colisiones de cada molécula por segundo, en miles de millones (1 × 10 ⁹), a 0°C y 1 atm	15.1	6.8	9.4
Diámetro de cada molécula (nm)	0.272	0.364	0.462
Número de moléculas (× 10 ⁻¹⁹), a 0°C y 1 atm de presión, en 1 cm ³	2.70	2.71	2.72

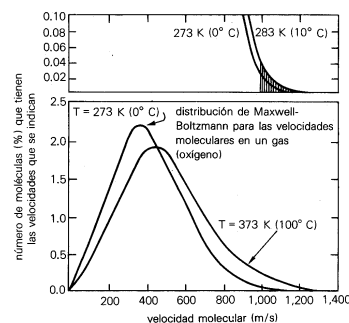


Figura 2-3 Distribución de Maxwell-Boltzmann de las velocidades moleculares en un gas a dos temperaturas con 100°C de diferencia. Las curvas en la parte superior muestran la porción de alta velocidad para un gas a dos temperaturas con 10°C de diferencia. El área bajo las curvas, indicada por las líneas verticales, representa el número de partículas con elevada energía, que casi se duplica al pasar de la temperatura inferior a la superior.

Termodinámica

- Sistema: agregado de materia y energía
- Estado del sistema: definido en términos de su P, T y composición
- Sistema aislado: no intercambia materia ni energía
- Sistema cerrado: no intercambia materia pero si puede intercambiar energía
- Sistema abierto: intercambia materia y energía

Primera Ley de la Termodinámica

La **Primera Ley de la termodinámica** puede formularse de varias formas: *En todos los cambios físicos y químicos, la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma de una forma a otra.* O bien: *En cualquier proceso, la energía total del sistema más la de sus alrededores permanece constante.* O bien: *No se puede obtener algo de nada.* O bien: *Lo más que se puede obtener es quedar a mano.*

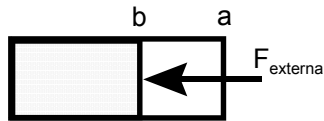
Energía interna (E)

$E = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}}$

Energía Interna

- $\Delta E = q - w$
- q = calor agregado al sistema
- w = trabajo realizado por el sistema
- $w = P \Delta V$ (p.e., émbolo)

$w = P \Delta V$ (p.e., émbolo)



$$w = F_{\text{externa}} / (b-a)$$

$$w = F_{\text{externa}} / (b-a) * \text{Area} / \text{Area}$$

$$w = (F_{\text{externa}} / \text{Area}) * ((b-a) * \text{Area}) = P \Delta V$$

Entalpia

Cantidad de calor absorbida por un sistema cerrado, P y $T = \text{cte.}$, que provoca un cambio de estado asociado con su volumen

$$H = E + PV \quad (2.2)$$

donde

E = energía interna

P = presión

V = volumen (al producto PV se le llama **producto presión-volumen**)

Cambio de Entalpia

- $\Delta H = \Delta E + \Delta PV$
- como $\Delta E = q - w$ y $w = P \Delta V$, entonces:
- $\Delta H = q - \Delta PV + P \Delta V$
- a $P = \text{cte.}$ $\Delta H = q$
- **El cambio de entalpía es igual al calor absorbido** (válido para gases)

ΔH (cambio de entalpía)

- Proceso endotérmico: $\Delta H > 0 \Rightarrow q$ absorbido +
- Proceso exotérmico: $\Delta H < 0 \Rightarrow q$ absorbido -
- Para líquidos y sólidos: $\Delta H = \Delta E + \Delta PV$
- como $\Delta PV \approx 0$ $\Delta H \approx \Delta E$

Segunda Ley de la Termodinámica

se ha expresado de varias maneras: *Cualquier sistema, más sus alrededores, tiende en forma espontánea a un mayor desorden.* O bien: *El calor no puede convertirse por completo en trabajo, sin cambiar alguna parte del sistema.* O bien: *En cualquier conversión energética cierta energía se transfiere a los alrededores en forma de calor.* O bien: *Ningún proceso real puede ser 100% eficiente.* O bien: *Es imposible una máquina con movimiento perpetuo.* O bien: *No se recupera el total de lo que se invierte.*

Entropía (S)

medida de desorden de un sistema

$$dS = dq_{\text{rev}} / T$$

donde dq_{rev} = calor adquirido por transferencia térmica en condiciones de reversibilidad termodinámica

Entropía

Proceso reversible:
S del universo cte. ($\Delta S = 0$)

Proceso irreversible:
aumenta S ($\Delta S > 0$)

Energía Libre de Gibbs (G)

Medida de la energía máxima disponible para convertirse en trabajo (T y P = cte.).

Trabajo neto que se obtiene, a T y P cte., cuando la reacción ocurre en condiciones reversibles.

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

$$(\Delta H = \Delta E + \Delta PV)$$

ΔG°

cambio de energía libre estándar

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{\text{eq}}$$

donde

ΔG° = cambio en la energía libre estándar, en joules (J) o calorías (cal)

R = constante del gas ideal (8.314 J mol⁻¹ K⁻¹; o 1.987 cal mol⁻¹ K⁻¹)

T = temperatura absoluta (en kelvins, K)

ln = logaritmo natural

K_{eq} = constante de equilibrio

Considérese una reacción en la que ciertos reactivos forman ciertos productos:



La **constante de equilibrio** para tal reacción equivale al producto de las concentraciones (en realidad, actividades) de los productos, dividido entre el producto de las concentraciones (actividades) de los reactivos:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[C][D]}{[A][B]} \quad (2.7)$$

Potencial Químico (PQ)

- $PQ = G / PM$
- independiente de la cantidad de sustancia considerada
- $PQ_{\text{agua}} = \Psi = PQ_w - PQ_w^0$
- donde $PQ_w^0 = PQ$ del agua pura, a T y P cte.

Potencial Hídrico (Ψ)

- ∇ concentración efectiva (actividad)
- ∇ temperatura
- ∇ presión
- ∇ hidratación

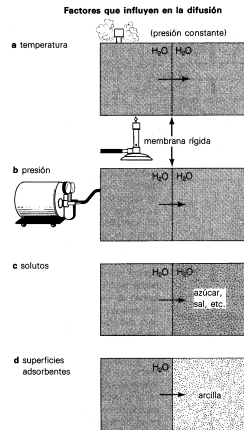


Figura 2-4 Modelos para sistemas con difusión.

¿De que depende la velocidad de difusión?

- ∇PQ por unidad de distancia
- Permeabilidad del medio
- T^0 (a > T, < fuerza en los puentes de H)