

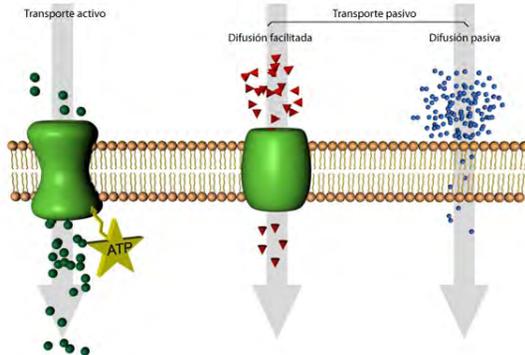
# Nutrición Vegetal

---

Absorción de sales minerales

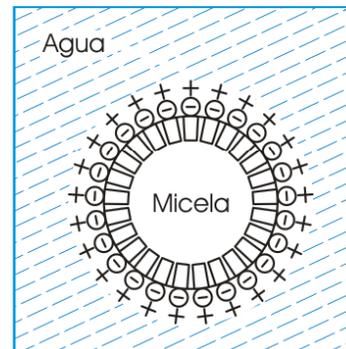
# Absorción

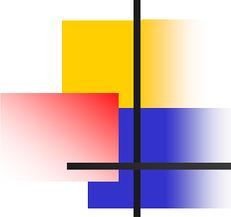
- Es el proceso mediante el cual un ión o molécula ingresa a una célula o un cuerpo a través de una membrana.
- No intervienen fuerzas intermoleculares.



# Adsorción

- Es un proceso en el cual la acumulación de moléculas ocurre al contacto con una superficie.
- Las moléculas en contacto están unidas por fuerzas intermoleculares (hidrofílicas, coloidales).





## Absorción -

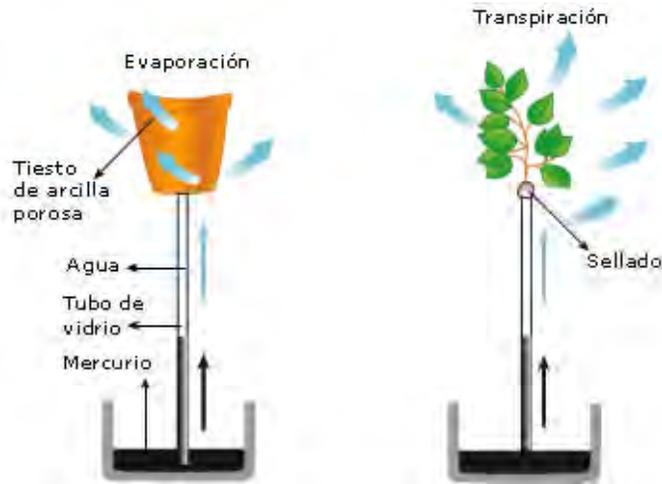
- Este proceso ayuda a la entrada de agua y minerales a las plantas.
- Algunas veces es un proceso endotérmico

## Adsorción

- Este proceso ayuda a la imbibición de agua y la actividad enzimática.
- Es un proceso exotérmico.

# Teoría de difusión

Asume que los minerales del suelo son absorbidos a través de las raíces de las plantas por un proceso de difusión a lo largo de un gradiente de concentración, considerando al suelo como una fuente de minerales.



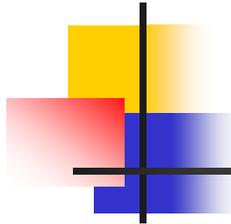
Transpiración



Asimilación rápida



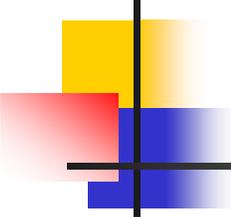
Compartimentización  
en vacuolas



# Teoría de intercambio iónico

---

Los iones absorbidos por la superficie de la raíz provienen del intercambio con iones de la solución del suelo, mediante mecanismos de intercambio iónico.

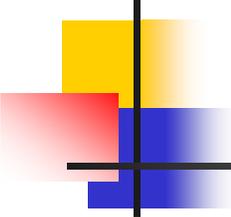


# Teoría del equilibrio Donnan

---

El equilibrio Donnan es un balance eléctrico que existe a través de una membrana biológica. En el equilibrio, el ratio de aniones y cationes dentro y fuera de la membrana es equitativo.

Se caracteriza por presentar una zona de iones fijos que incluyen proteínas, polímeros de DNA y RNA, al igual que grupos carboxilo y fosfato.

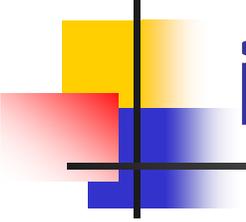


# Hipótesis del flujo masivo

---

De acuerdo con ésta hipótesis, la absorción de sales por la raíz de las plantas ocurre por el flujo masivo a través de la entrada de agua a partir de la transpiración.

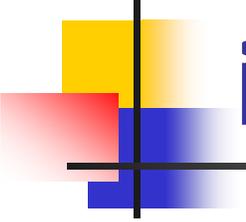
Pero esta hipótesis no explica la absorción selectiva de iones. Por ejemplo, en plántulas con alta tasa de transpiración, los iones divalentes (como  $Mg^{++}$  y  $Ca^{++}$ ) son transportados a mayor distancia que los monovalentes ( $K^+$  y  $Na^+$ ).



# Objeciones de la teoría de intercambio pasivo.

---

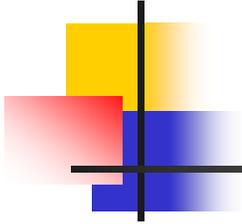
- La membrana de las células contiene ATPasas (las cuales son requeridas para un transporte activo).
- Inhibidores de la respiración, también inhiben la absorción de sales.
- Disminución en el contenido de  $O_2$  circundante también reduce la absorción de sales.
- Entre 10 y 30 °C, al aumentar la respiración, también se incrementa la absorción de sales.



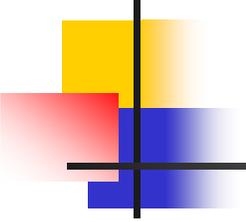
# Objeciones de la teoría de intercambio pasivo.

---

- La permeabilidad de la membrana y las diferencias electropotenciales se mantienen metabólicamente.
- El Q10 para la absorción de sales demuestra que se trata de un proceso fisiológico y no físico.
- La absorción de los diferentes iones es altamente selectiva.
- Los cationes y los aniones se absorben a diferentes tasas.



- La movilidad de un elemento depende de su potencial electroquímico: energía del elemento para realizar un trabajo.
- La entrada del elemento produce cambios en los potenciales de membrana. Para medirlo se utiliza el método de *Patch-Clamp* (figura), que se basa en el contacto de un electrodo con la membrana plasmática de un protoplasto.



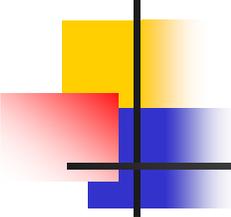
# ABSORCIÓN DE IONES POR TRANSPORTE ACTIVO

---

- Mecanismo de difusión contra gradiente de concentración que requiere aporte de energía por parte de la célula.

## Origen:

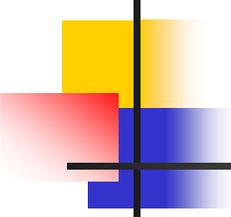
- Era necesaria la participación de algún otro mecanismo que acompañaba al transporte pasivo.
- Pfeffer (1900) reconoció la absorción en contra de gradiente de iones por medio de transportadores.
- Lugndegardh (1933) y Epstein (1952) describieron la teoría de los transportadores y el transporte activo.



## Cinética de absorción del $K^+$

---

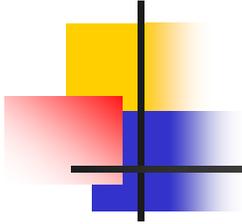
- Fase de incorporación rápida: entrada libre del elemento en el espacio libre de agua (vía apoplasto). Es una fase reversible (la cantidad absorbida puede ser devuelta al suelo)
- Fase de incorporación lenta: La asimilación se estabiliza. En esta fase se realiza vía simplasto. Es una fase irreversible (incorporación definitiva )



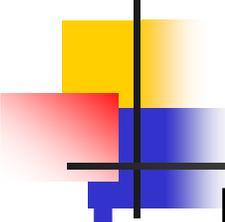
# Cinética de absorción

---

- Epstein y Hagen (1952) comprobaron que cuando se analizan estrechos rangos de concentraciones frente a velocidad se obtienen gráficas de absorción iónica que corresponden con la ecuación de Michaelis-Menten.

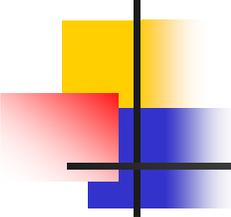


- Se dedujo que ello era debido a la existencia de diferentes mecanismos de transporte:
- Transportadores de gran afinidad: se unen al elemento (K+) cuando apenas está presente (bajas concentraciones)
- Transportadores de baja afinidad: se unen al elemento (K+) cuando aparece en gran proporción.
- Si existen varios transportadores para el mismo elemento se habla de cinéticas multifásicas. Cada transportador suele situarse en distintas estructuras:
- *Ej. El transporte vía simplasto implica atravesar la membrana plasmática, el citoplasma, la vacuola y el espacio extracelular. Para cada localización habría un transportador específico.*



# Tipos de transporte activo:

- **Bombas primarias:** (en plasmalema y tonoplasto). Gastan o sintetizan energía. Provocan cambios de polarización y facilitan el funcionamiento de bombas secundarias.
- Bomba de H<sup>+</sup>: ATPasa más importante. Convierte la energía del gradiente de H<sup>+</sup> en energía química a través de la formación de moléculas de ATP.
- Otras bombas primarias: bombas iónicas: Ca<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>.
- **Bombas secundarias:** Mecanismo de transporte activo secundario. La energía para transportar el ión proviene del potencial electroquímico generado por las bombas primarias y no directamente de la energía formada por las ATPasas.
- **Canales:** (en plasmalema y tonoplasto). Proteínas específicas que permiten formar canales selectivos y específicos en las membranas. Pueden ser iónicos o dependientes de voltaje.

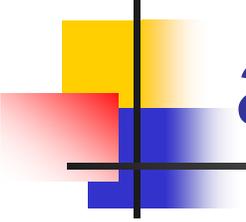


# Teoría de absorción activa

---

Esta teoría asume que la absorción de iones por la raíz es un proceso activo, el cual sucede mediante el costo de energía metabólica.

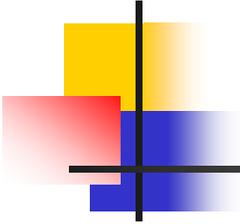
- Teoría del acarreador
- Teoría del gradiente electroquímico



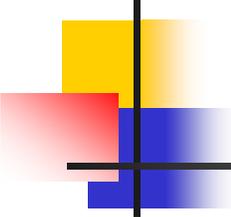
# Teoría del concepto acarreador

---

- Teoría propuesta en 1900 (por Pfeffer)
- Menciona que el transporte de iones a través de la membrana se da mediante acarreadores orgánicos (proteínas, lecitinas (fosfolípidos) y citocromos que se localizan en las membranas.
- Los iones independientes no son capaces de pasar a través de la membrana.



- El transporte de los iones se da por los acarreadores mediante un proceso de consumo de energía.
- El movimiento del complejo acarreador de iones es unidireccional, ya sea hacia fuera o hacia adentro de la célula, pero no en ambas direcciones.



## Objeciones:

---

- Sólo refiere a la absorción de aniones
- No explica la entrada selectiva de iones
- No explica la absorción de sales con la energía utilizada.

Difusión simple

Gradiente de concentración (solutos sin carga)

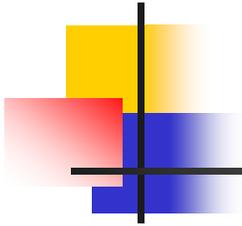
Difusión facilitada

Gradiente electroquímico (iones)

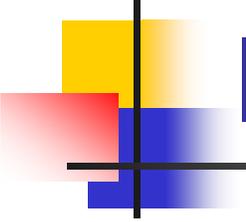
Transporte activo.---  
PROTEINAS  
TRANSPORTADORAS

Acarreadores específicos

Canales. (transp. de iones dependiente del radio de hidratación)



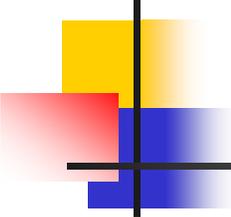
Tipo	Características	Cinética	Energía que utiliza	ejemplos
Bombas primarias	Activo Primario Electrogénico	Michaelis-Menten	ATP o NADH	ATP-asa Calcio, sodio,...
Bombas secundarias	Activo Primario Electroforético	Michaelis-Menten	Indirectamente energía metabólica Fuerza H <sup>+</sup> o Na <sup>+</sup> motriz	Sistemas de incorporación de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , aminoácidos, glucosa, etc.
Canales	Pasivo Secundario	Saturación a altas [ ].	Física o ión motriz	Canales de K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , etc.



# Factores externos que afectan la absorción de sales.

---

- Luz- Incrementa la transpiración
- Temperatura- Mayor  $T^{\circ}$ , mayor absorción.
- pH del suelo. pH ácido + aniones  
pH básicos + cationes
- Concentración de los minerales en la solución.
- Oxígeno -- + absorción con oxígeno.



# Factores internos

---

- Edad de la planta --- Raíces lignificadas absorben menos agua.
- Competencia e interacción de iones dentro de la planta (Bromo y Yodo compiten con Cloro; la absorción de iones monovalentes es afectado por la presencia de divalentes; pequeñas cantidades de calcio inhibe la entrada excesiva de  $K^+$ ).
- La presencia de micorrizas.