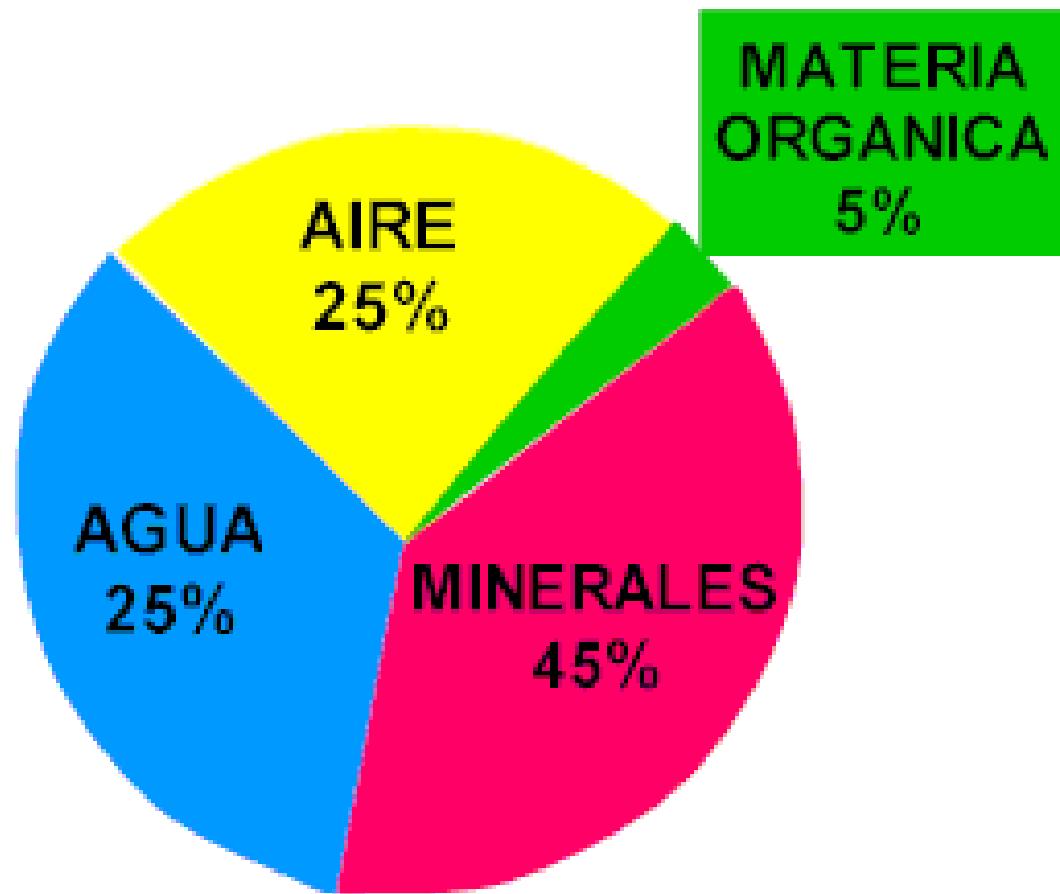


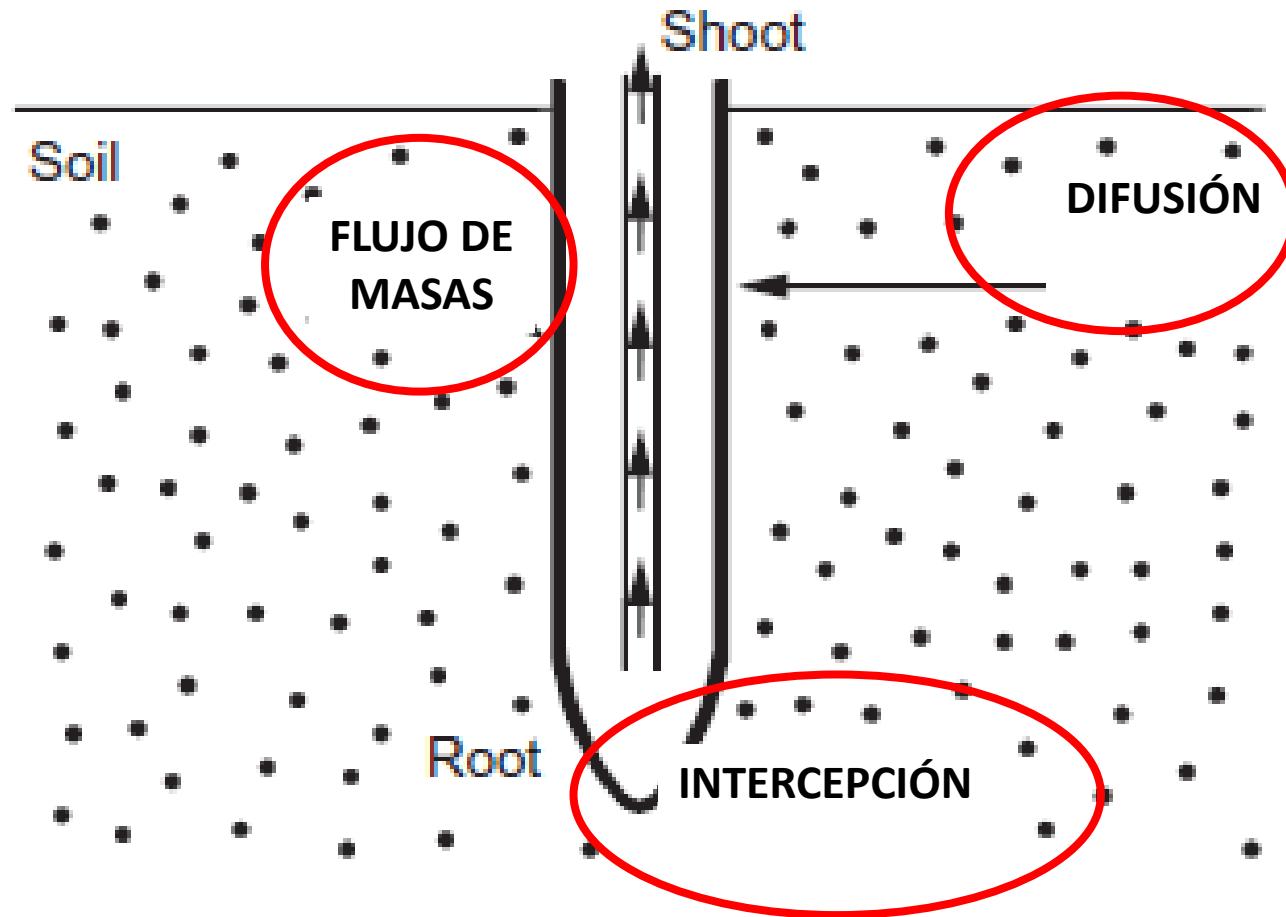
MOVIMIENTO DE LOS IONES HACIA LA RAÍZ

ACCESO NUTRIMENTAL

Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza



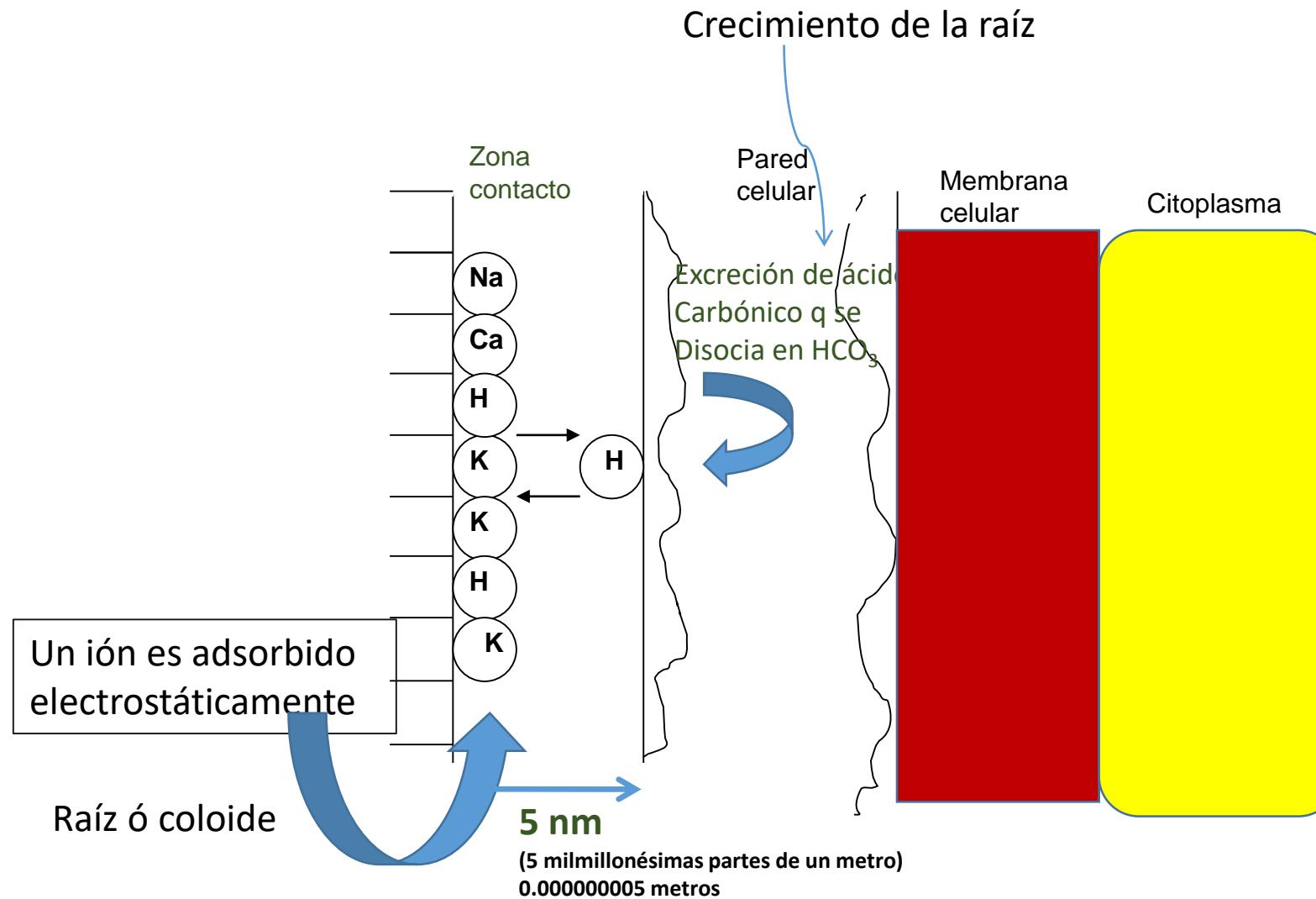
ACCESO DE LOS IONES A LA RAÍZ



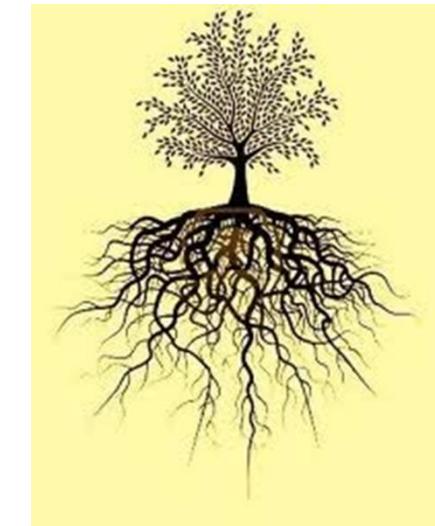
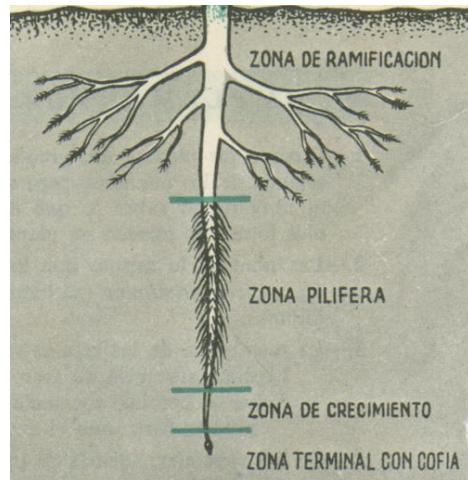
INTERCEPCIÓN

En esta ruta de acceso donde un ion se adsorbe electrostáticamente, ya sea por la raíz o el coloide, no queda retenido con demasiada fuerza sino que oscila dentro de un determinado y pequeño volumen, permitiendo un estrecho contacto entre la raíz y los coloides del suelo.

INTERCEPCIÓN



Factores que influyen en el acceso por intercepción



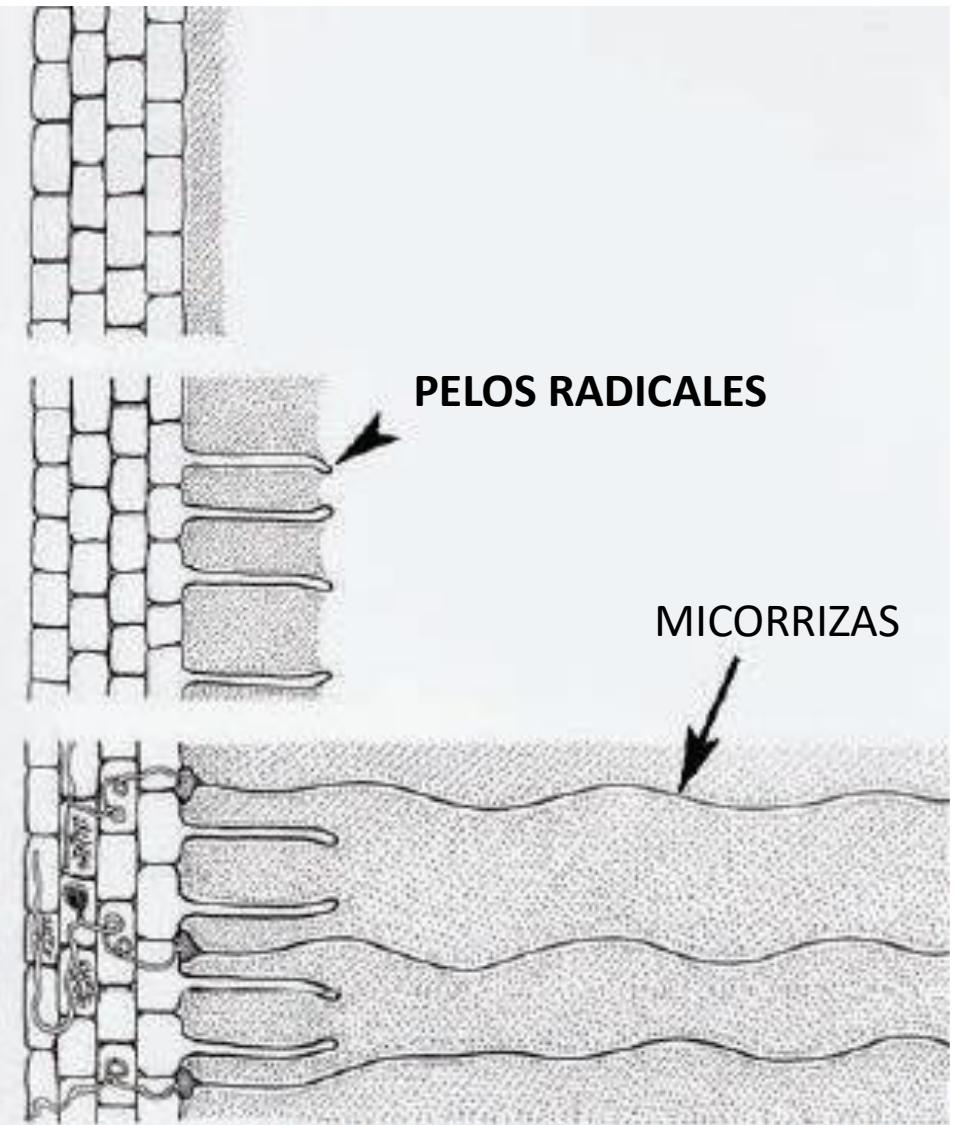
LA RAÍZ



ECTOMICORRIZA



ENDOMICORRIZA
VESICULOARBUSCULAR

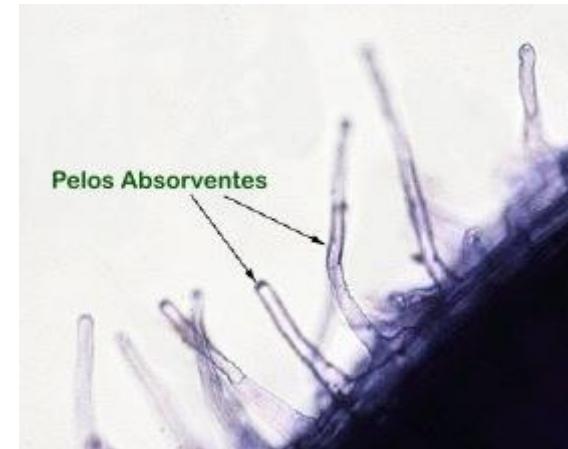
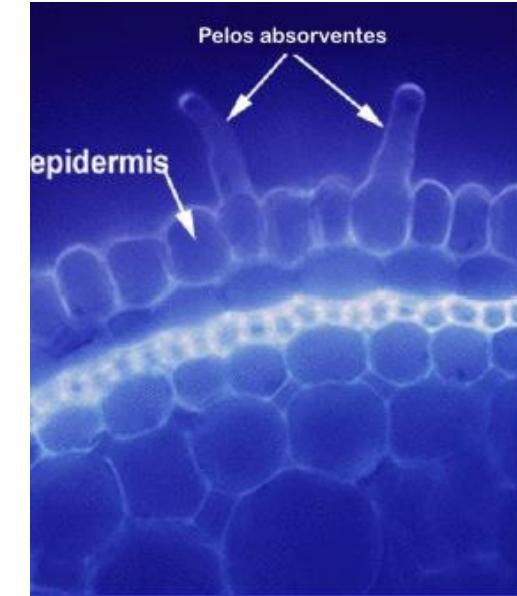
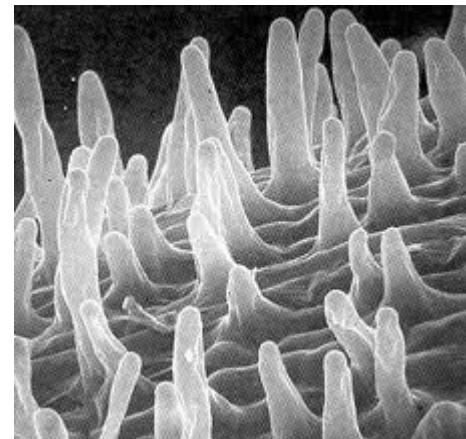
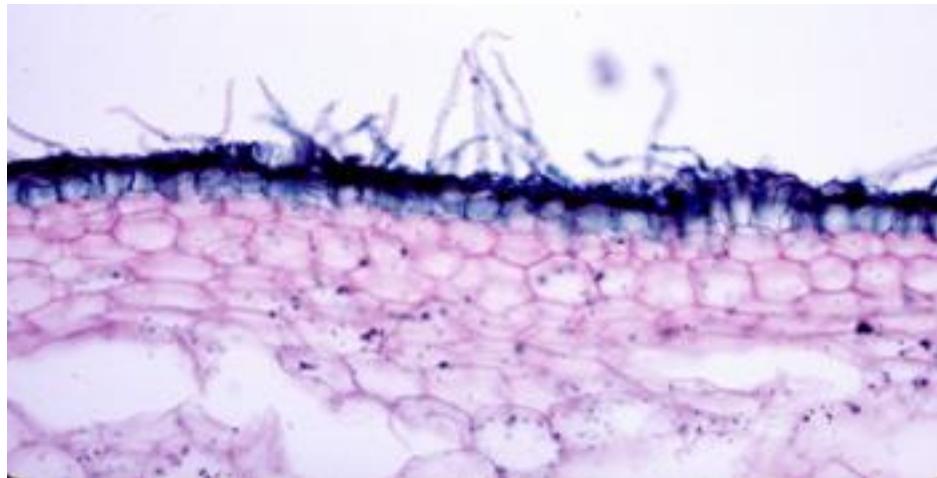


INFLUENCIA DE LA RAÍZ EN EL ACCESO NUTRIMENTAL

(Peterson et al. 2004).

Dimensiones de los pelos radicales por especie

Especie	No. De pelos por mm ²	long. Promedio (mm)
Cebolla	8	0.05
Trigo	46	0.33
Tomate	58	0.17
Espinaca	71	0.62

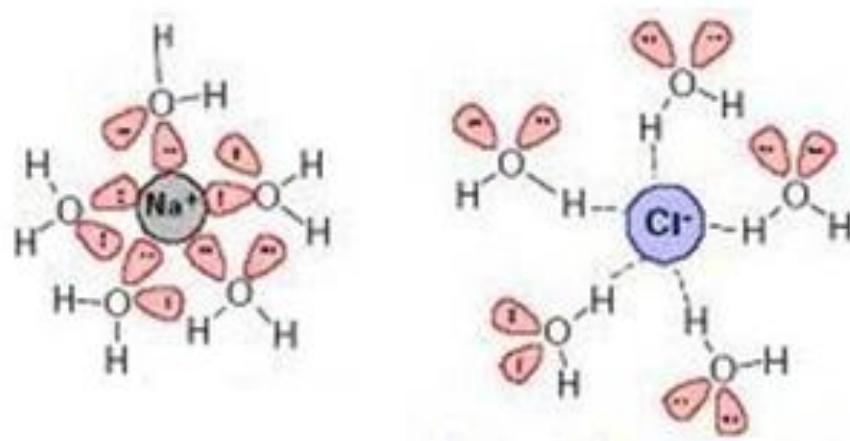


Volumen de raíz en función de la profundidad del suelo (% del espacio)

Profundidad	Trigo	Maíz	Espinaca
0-30	8.2	3.8	2.3
30-60	1.7	1.5	0.6
60-90	1.0	0.4	
90-120	0.7	0.1	
120-150	0.27	0.01	

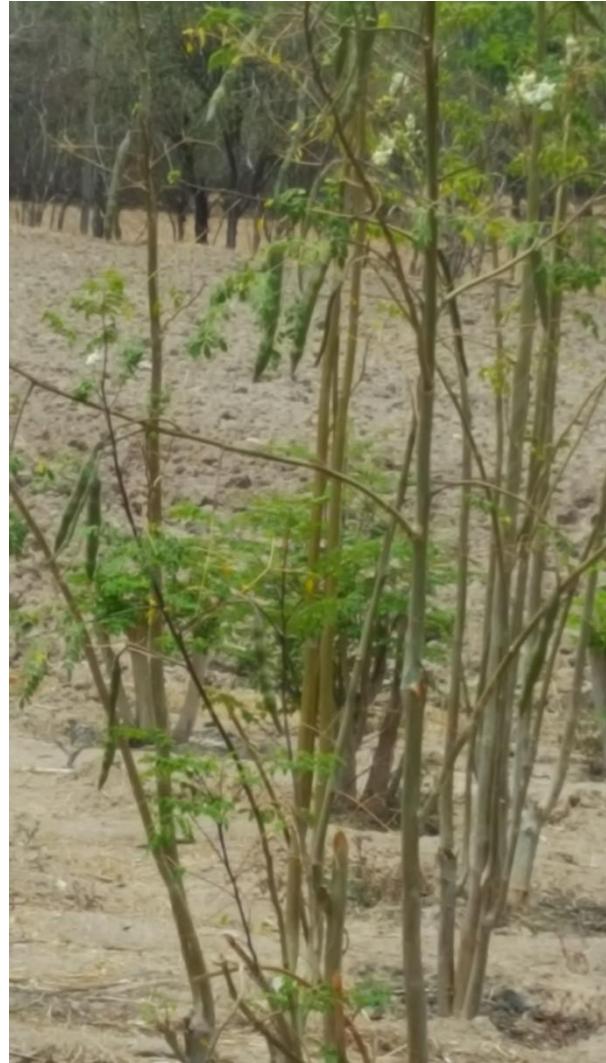
Steingrobe, 1999.

Radio iónico y radio de hidratación



Ión	RI (ºA)	RH (ºA)
Al	0.50	4.80
Mg	0.65	4.30
Li	0.68	3.80
Ca	0.99	3.70
K	1.30	3.50
Cl	1.81	3.30

Tipos de suelos



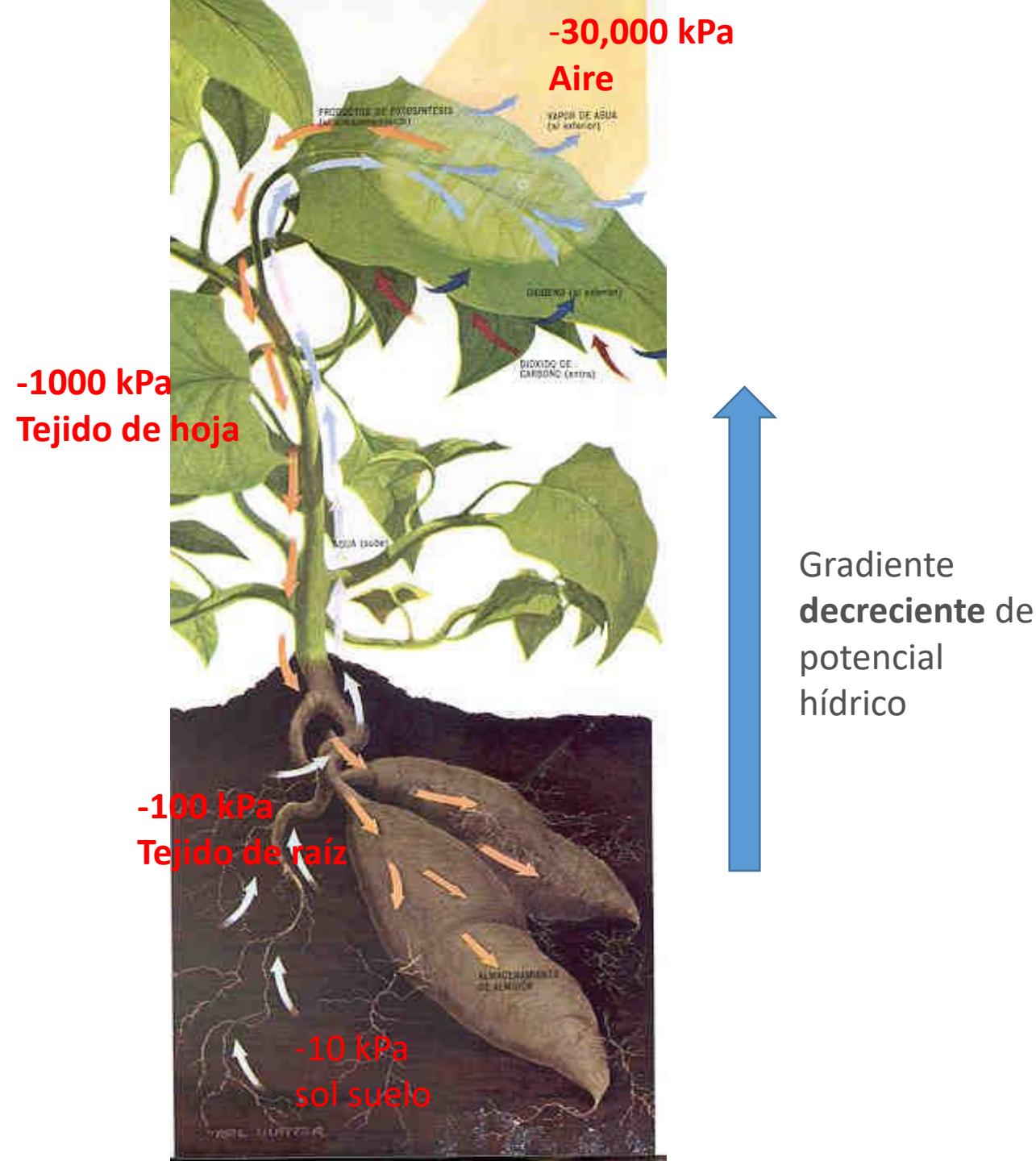
FLUJO DE MASAS

Cuando las raíces absorben agua y nutrientos crean gradientes de potencial del agua del suelo **y de la concentración de nutrientes en la solución.**

Por lo tanto se produce en forma simultanea flujo de masas y difusión

$$F_T = F_M + F_D$$

ES UN PROCESO PASIVO



Coeficiente de transpiración de diferentes cultivos (L. kg⁻¹ materia seca)

Cultivo	Coeficiente	Cultivo	Coeficiente
Maíz	249	Avena	586
Remolacha azucarera	443	Centeno	634
Trigo	491	Trebol rojo	698
Cebada	527	Lino	783
Papa	575	Alfalfa	844

Cuantos litro se requieren para producir 1 kg de materia seca

Cálculo de acceso de iones por flujo de masas

$$FM = C * V$$

FM= ion absorbido por flujo de masas ($\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)

C= concentración del ion en la solución del suelo ($\mu\text{g cm}^{-3}$)

V= total de agua absorbida por la planta ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Una aproximación de absorción de fósforo por flujo de masas

La cantidad de agua acumulada por un cultivo en un ciclo va de 2 a 4×10^6 L por hectárea (Barber, 1984).

Con el promedio de esta información (3×10^6 L) y sabiendo que en la solución del suelo hay una concentración aproximada de 0.15 mg L^{-1} de fósforo. ¿Cuánto acceso se da por flujo de masas?

$$3000000 \text{ L} \times 0.15 \text{ mg L}^{-1} = 450000 \text{ mg} = 450 \text{ g} = 0.45 \text{ kg}$$

0.45 kg, corresponde a 2-3 % del total de fósforo que demanda el cultivo

Este llega a la raíz por flujo de masas.

Comparación del acceso de iones en cultivo de trigo y caña de azúcar. (Strelbel y Duynisveld, 1989)

	Acumulación (kg.ha ⁻¹)					
	Trigo			Caña de azúcar		
	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺
Total absorbido por la planta	215	13	35	326	44	104
Flujo de masas	5	17	272	3	10	236
% absorbido	(2.32)	(130.7)	(777)	(1)	(23)	(227)

Coeficiente de transpiración

Caña de azúcar 443 L / kg de materia seca

Trigo 491 L/ kg de materia seca

Para producir 1 kg de tomates, se necesitan 290 litros

- 1 tomate = 13 litros
- 1 papa = 25 litros
- 1 taza de té = 35 litros
- 1 vaso de jugo de manzana = 190 litros
- 1 vaso de jugo de naranja = 170 litros
- 1 taza de café = 140 litros
- 1 manzana = 70 litros
- 1 naranja = 50 litros

Factores importantes en el acceso por flujo de masas

Factores de la planta

- El flujo de agua sobre el xilema
- Especie de la planta
- Estado fenológico
- Teoría de la tensión cohesión del agua
- Apertura de los estomas

Factores del ambiente

- Clima
- Tipo de suelo
- Iones en la solución del suelo

DIFUSIÓN

DIFUSIÓN

El movimiento de los iones de la solución del suelo a la zona de la raíz y va de mayor a menor concentración

la diferencia de concentración de las sustancias entre dos puntos separados a una distancia (dx) bajo la siguiente fórmula:

$$FD = -D \frac{dc}{dx}$$

F = el flujo difusivo, ($g \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$)

D = Coeficiente de difusión ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) varía de acuerdo al ión

c = concentración del ion en el suelo (g m^{-3})

x = distancia (m)

Coeficiente de difusión está relacionado con la facilidad que tendrá la substancia para moverse a través de un medio en particular

Ion	Difusión (cm² s⁻¹)	
NO_3^-	1×10^{-6}	
NO_3^-	$10^{-6} - 10^{-7}$	
NH_4^+	1.4×10^{-6}	
H_2PO_4^-	$10^{-8} - 10^{-11}$	Es una característica de las substancias (moléculas grandes tienen un coeficiente de difusión pequeño)
H_2PO_4^-	2.4×10^{-11}	
K^+	1.4×10^{-6}	
K^+	$10^{-7} - 10^{-8}$	
K^+	$2.1 - 9.5 \times 10^{-7}$	
Ca^{2+}	$0.9 - 4.0 \times 10^{-7}$	
Ca^{2+}	3×10^{-7}	
Mg^{2+}	$0.6 - 11.5 \times 10^{-7}$	
Cl^-	1.2×10^{-6}	
MoO_4^{2-}	$0.5 - 8.4 \times 10^{-7}$	

TABLE 12.7 Estimates of diffusion coefficients ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$) of ions in water (D_l) and in soil (D_e) and of movement per day at average values of D_e

Ion	Diffusion Coefficient			Movement in soil (mm day^{-1})
	Water (D_l)	Soil (D_e)	Average D_e in soil	
NO_3^-	1.9×10^{-9}	10^{-10} – 10^{-11}	5×10^{-11}	3.0
K^+	2.0×10^{-9}	10^{-11} – 10^{-12}	5×10^{-12}	0.9
H_2PO_4^-	0.9×10^{-9}	10^{-12} – 10^{-15}	1×10^{-13}	0.13

From Jungk (1991).

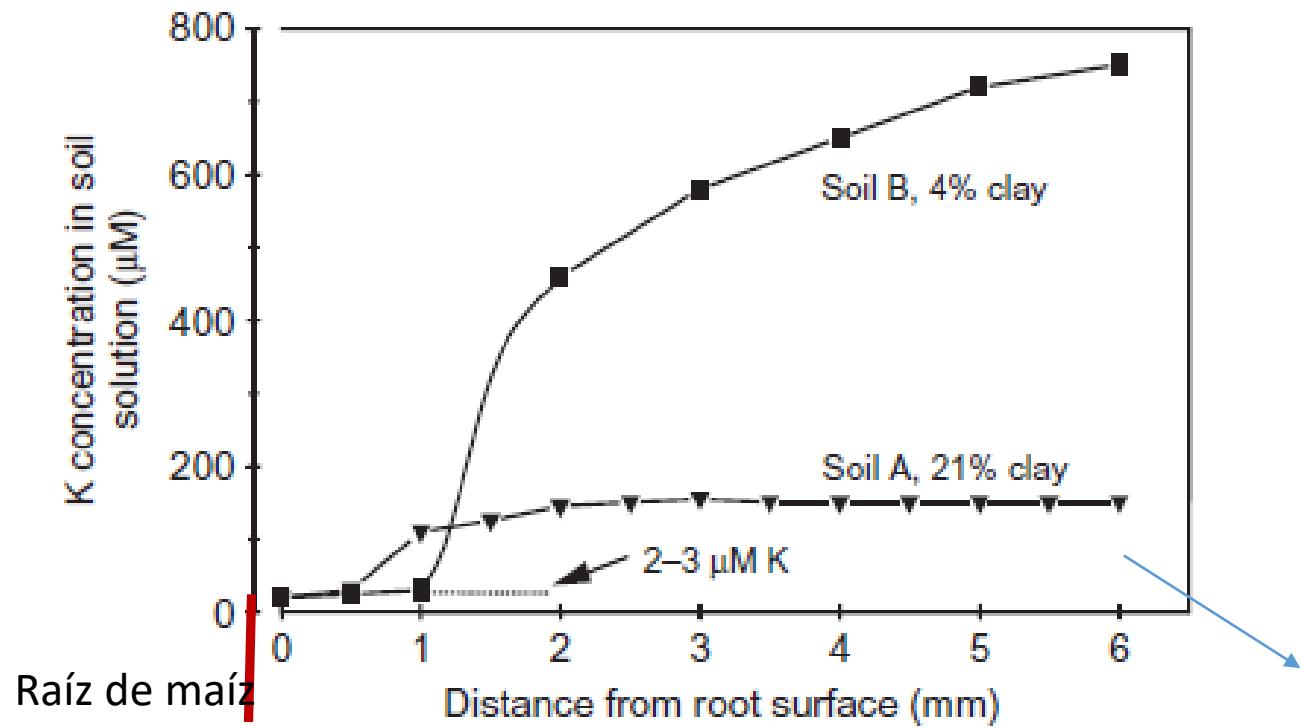


FIGURE 12.3 Concentration gradient of K in the soil solution around maize roots growing in soils with different clay contents. *Modified from Claassen and Jungk (1982).*

Capacidad
Buffer de K

¿QUE FACTORES INFLUYEN EN EL ACCESO POR DIFUSION?

Agregar con alumnos

Demandas nutrimientales de maíz y estimación de porcentajes en rutas de acceso

Nutriente	Demandas	estimación en kg / ha		
		kg / ha	Intercepción	Flujo de masas
Potasio	195	4	35	156
Nitrógeno	190	2	150	38
Fósforo	40	1	2	37
Magnesio	45	15	30	0

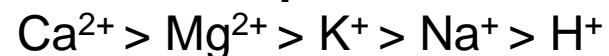
	Intercepción	Flujo de masas	Difusión
Porcentaje de total que va a ser absorbido			
Nitrógeno	1	79	20
Fósforo	2	5	93
Potasio	2	18	80
Calcio	150	375	0
Magnesio	33	222	0
Azufre	5	295	0
Fierro	13	66	21
Zinc	43	230	0
Manganeso	43	22	35
Cobre	6	219	0
Boro	29	1000	29

EL MOVIMIENTO DE LOS IONES

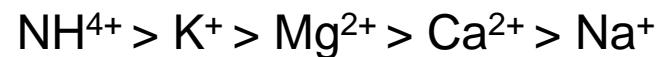
Difusión en la solución del suelo



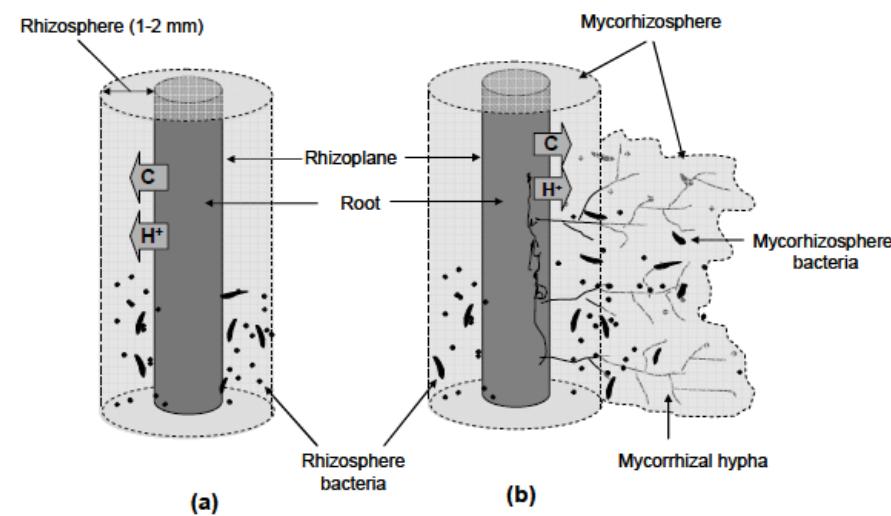
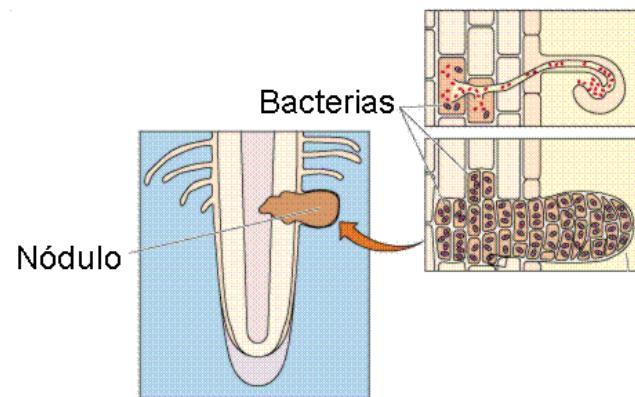
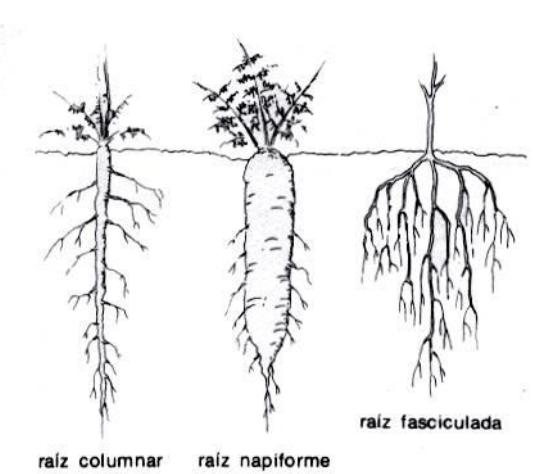
Adsorción en la superficie radicular



Absorción a través de la membrana



LA RAÍZ



Cuadro 1. Comparación de medias entre condiciones de crecimiento (CC) y tratamientos de fertilización (TF) para diferentes caracteres en plántulas de pepino. 23dds

Factores de estudio	Variables						
	AF ^w cm ²	LT - - - - cm - - - -	DT	PSF	LR cm	VR mL	PSR
Condición de crecimiento							
700 mL. 100 plant/m ²	85.6 a ^z	4.3 c	0.50 a	9.2 a	46.0 a	27.8 a	7.1 a
80 mL. 816 plant/m ²	49.2 b	9.5 a	0.41 b	4.2 b	25.0 b	12.9 b	6.2 b
28 mL. 275 plant/m ²	29.2 c	3.9 c	0.37 c	2.8 c	8.8 c	6.6 c	2.5 c
28 mL 1100 plant/m ²	27.8 c	7.6 b	0.36 c	2.7 c	10.0 c	6.9 c	2.3 c
DMSH	6.70	0.70	0.04	0.50	3.10	2.30	0.65
Tratamiento de fertilización							
120-20-140	47.6 ab	6.09 b	0.42 a	4.45 b	12.65 b	23.8 a	4.4 a
115-26-115	51.8 a	6.70 a	0.40 a	4.87 a	13.64 ab	21.3 a	4.5 a
172-39-180	46.2 ab	6.43 ab	0.41 a	4.88 a	14.25 a	22.0 a	4.8 a
230-52-240	45.9 b	5.99 b	0.40 a	4.67 b	13.65 ab	22.0 a	4.3 a
DMSH	5.89	0.60	0.02	0.29	1.01	2.66	0.69

Cuadro 2. Comparación de medias entre condiciones de crecimiento (CC) y tratamientos de fertilización (TF) del contenido de nitrógeno (N) fósforo (P) y potasio (K) en hojas de plántulas de pepino. 23dds

Factor de estudio	Nutrimiento		
	N	P	K
Condición de crecimiento	- - - - -	% - - - - -	
28 mL 1100 plant/m ²	4.060 b ^z	0.503 a	3.233 b
28 mL. 275 plant/m ²	4.305 b	0.522 a	4.333 b
80 mL. 816 plant/m ²	4.678 b	0.510 a	4.096 b
700 mL. 100 plant/m ²	6.426 a	0.524 a	5.692 a
DMSH	0.970	0.025	1.250
Tratamiento de fertilización			
120-20-140	4.897 a	0.513 a	4.112 a
115-26-115	4.696 a	0.522 a	4.050 a
172-39-180	4.889 a	0.511 a	4.559 a
230-52-240	4.988 a	0.512 a	4.634 a
DMSH	0.970	0.025	1.250

DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS IONES EN LA RIZÓSFERA



rizósfera



ENUMERAR LOS FACTORES IMPORTANTES A CONSIDERAR EN EL ACCESO NUTRIMENTAL