

## VI-DEC (Vídeos Didácticos de Experimentos Científicos) Física

### Plantas. Capilaridad

#### Objetivo

Dar a conocer el fundamento de la subida de la savia en las plantas que se explica mediante la capilaridad.

#### Material

Recipiente con agua. Clip. Tela metálica. Aro de alambre. Hilo. Capilares. Láminas de vidrio.

#### Fundamento

El ascenso de savia en las plantas se ve favorecido por la reducida anchura de los vasos a los que se adhieren las moléculas de agua, ya que el ascenso es más eficaz cuanto menor sea el diámetro del vaso. Esto es lo que se conoce como ascenso por capilaridad (Fig. 1). Se llama capilar a un tubo muy estrecho.

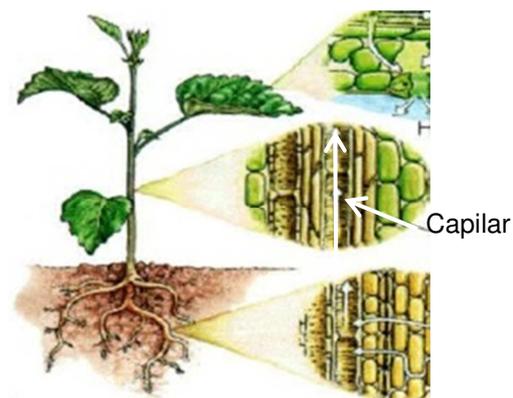


Fig. 1 Ascenso de la savia por el capilar

A continuación se da una breve explicación de los aspectos que intervienen en la capilaridad como son: las fuerzas de cohesión, las de adhesión y la tensión superficial.

Cada molécula de un líquido es atraída por todas las que le rodean, debido a las llamadas **fuerzas de cohesión**. La molécula que está en el interior es atraída en todas las direcciones, anulándose unas fuerzas con otras. La molécula que está en la superficie es atraída por las que le rodean, en su mayoría por debajo de ella, dando lugar a una fuerza neta hacia el interior del líquido. Estas fuerzas, que hacen que la superficie se comporte como una membrana elástica, son las que dan lugar a la **tensión superficial** (Fig. 2).

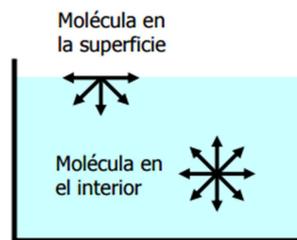


Fig. 2 Moléculas en un líquido y fuerzas que actúan entre ellas.

La tensión superficial, es una característica de los líquidos, se define como la fuerza que tiene que hacer el líquido por unidad de longitud para disminuir su superficie (Fig. 3).

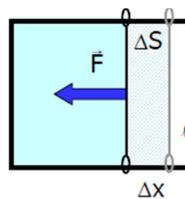


Fig. 3 La tensión superficial tiende a minimizar la superficie del líquido

Se puede comprobar en el siguiente experimento: se introduce un anillo, con un hilo en forma de bucle, en una disolución jabonosa, al sacarlo se forma una película sobre la que flota el hilo, y al pinchar el interior del bucle desaparece la membrana de su interior y se forma un círculo. La tensión superficial tira del hilo para minimizar la superficie del líquido (Fig. 4). Esta es la razón de la forma esférica de la gota y de la pompa de jabón, debido a que la esfera es la figura geométrica que tiene la mínima superficie para un determinado volumen.

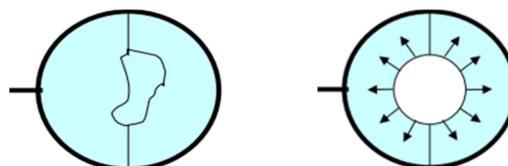


Fig. 4 Fuerzas debidas a la tensión superficial

Por esta propiedad, algunos insectos pueden caminar por encima del agua, como el zapatero. La superficie del agua se presenta como una membrana elástica. El peso del insecto oprime el agua y las fuerzas debidas a la tensión superficial compensan el peso del insecto, lo mismo que las fuerzas de la cuerda sujetan al equilibrista (Fig. 5).

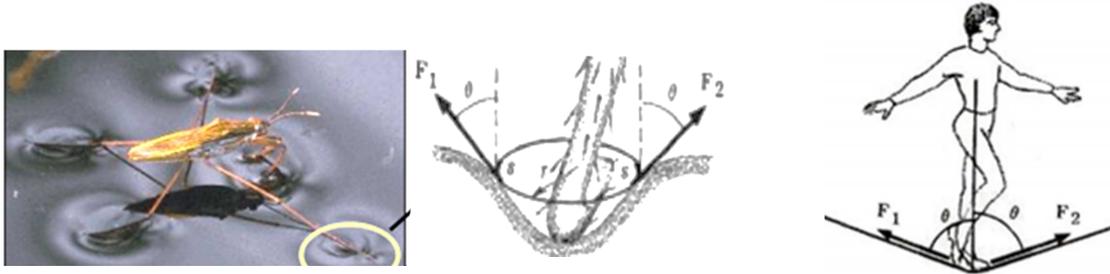


Fig. 5 La tensión superficial hace que aparezcan fuerzas que sostienen al insecto, semejantes a las que aparecen en la cuerda de un equilibrista.

Este efecto se comprueba al poner un clip o una tela metálica con cuidado sobre la superficie del agua y ver que se hunden un poco. Estos objetos, más densos que el agua, flotan mientras no se mojen.

Las **fuerzas de adhesión** ( $F_a$ ) son las que actúan entre las moléculas de un sólido y de un líquido en contacto. Se comprueba que estas fuerzas junto a las de cohesión ( $F_c$ ) son enormes, al intentar separar dos láminas de vidrio mojadas. Cuando se pone una gota de agua sobre un cristal se extiende, moja el cristal ya que  $F_a > F_c$ , y el ángulo de contacto  $\theta < 90^\circ$ , si por el contrario la gota es de mercurio o de agua puesta sobre parafina, se mantiene unida, no moja la superficie ya que  $F_a < F_c$   $\theta > 90^\circ$  (Fig. 6).



Fig.6 a) El agua moja el vidrio ( $F_a > F_c$ ,  $\theta < 90^\circ$ ) b) El mercurio no moja el vidrio ( $F_a < F_c$ )  $\theta > 90^\circ$

Cuando se introduce un capilar en el agua, ésta tiende a subir por la pared del capilar por ser  $F_a > F_c$ . Estas fuerzas dan lugar a una fuerza neta hacia arriba sobre el líquido que rodea la pared, debido a que la tensión superficial tiende a minimizar la superficie. El líquido sube hasta que, la componente vertical de la tensión superficial, se equilibra con el peso del líquido que se encuentra dentro del capilar (Fig. 7).

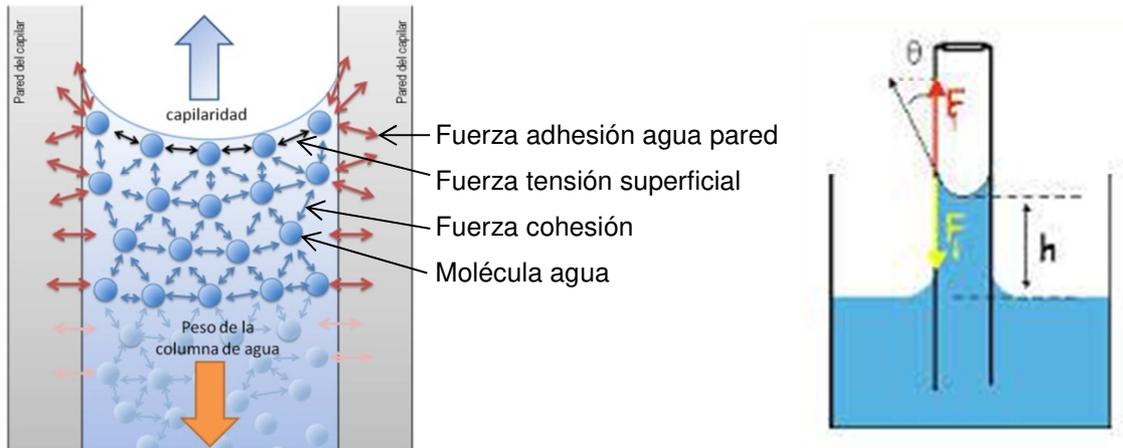


Fig. 7 Ascenso del agua por un capilar debido a la tensión superficial que actúa a lo largo de la línea de contacto entre el agua y la pared del capilar

En el equilibrio se cumple la igualdad de estas dos fuerzas:

$$F_{\text{tensión superficial}} = 2\pi r\gamma\cos\theta = F_{\text{peso columna líquido}} = \pi r^2 h\rho g$$

Donde  $r$ =radio del capilar,  $\gamma$ =tensión superficial,  $\rho$ =densidad y  $g$ =aceleración gravedad

Lo que da lugar a la ley de Jurin:

$$h = \frac{2\gamma\cos\theta}{r\rho g}$$

De esta ecuación se deduce que la altura a la que llega el líquido es mayor, al aumentar la tensión superficial y menor, al aumentar el radio. Esto se comprueba al introducir en agua: 1) capilares de distinto radio y 2) dos láminas de vidrio juntas, con un clip por un lado. El agua asciende más por los capilares más estrechos y por el lado donde las láminas están más juntas (Fig. 8).



Fig. 8 El agua asciende más por los capilares más estrechos y por el lado donde las láminas están más juntas

La subida del agua por capilaridad solo explica la subida de la savia hasta una altura pequeña. Como los conductos de la plantas tienen alrededor de  $r=0,001$  cm y el agua tiene:  $\rho=1$  g/cm<sup>3</sup>  $\gamma=0,073$  N/m  $\theta=0^\circ$ , el agua asciende por capilaridad unos 1,4 m.

La subida de la savia en las plantas se explica principalmente por la presión negativa que se genera al evaporarse el agua en las hojas.