



Tillandsia landbeckii



¿Sabías que esta planta es la única capaz de crecer en el desierto más seco del mundo?

Si quieres conocer los procesos fisiológicos que se esconden tras este record, avanza en el temario



Imagen propia: J. I. García Plazaola

El desierto costero de Chile y Perú, también conocido como **desierto de Atacama**, es el lugar más seco de la tierra, donde no llueve nunca. La sombra de lluvias de la cordillera de los Andes es la principal responsable de este efecto. Grandes extensiones de este desierto están completamente libres de la presencia de cualquier forma de vida, es lo que se conoce por la astrobiología como un análogo marciano. Este desierto se sitúa en la proximidad del Océano Pacífico, en una zona dominada por la corriente fría de Humboldt. Esto produce la paradoja de que pese al que en tierra hay un desierto absoluto, el mar es increíblemente rico y productivo. Esto lo denotan las espectaculares colonias de aves marinas (pelícanos, piqueros, gaviotas, cormoranes y pingüinos), que tiñen de blanco con sus excrementos las costas, dando lugar al conocido “guano”. La presencia de esta corriente fría, genera además frecuentes nieblas, especialmente en los primeros kilómetros de costa.

Estas nieblas penetran desde el Océano hasta 50 Km en los valles y se condensan a una altitud de unos 1000 m, fenómeno conocido como “camanchaca” permitiendo la aparición de los denominados “**oasis de niebla**”. Estas formaciones están dominadas por aquellas especies que son capaces de aprovechar el recurso de la niebla como fuente de agua, que es captada necesariamente a través de las hojas o estructuras aéreas.



Dunas cubiertas por una comunidad monoespecífica de *T. Landbeckii*
Imagen propia: J. I. García Plazaola

Una de las plantas más características de este ambiente es la especie "*Tillandsia landbeckii*", una planta de la familia de las **bromeliáceas** (la familia de la piña y de las conocidas tilandsias de interior que se utilizan como ornamentales). Esta planta forma comunidades monoespecíficas en las laderas desérticas en el entorno de los 1000 metros de altitud. Dado que no hay precipitación líquida en estos lugares toda su capacidad de captación de agua depende de la absorción por las hojas. De este modo la planta está recubierta por unas **escamas superhidrofílicas** que posibilitan la captación de la humedad atmosférica al tiempo que evitan la evaporación del agua cuando las condiciones son más secas. Son por tanto plantas que no tienen raíces funcionales, plantas que viven exclusivamente del aire, de donde además del agua obtienen todos los nutrientes que necesitan.

De este modo se estima que las comunidades de esta planta son **capaces de captar 25 litros por metro cuadrado de terreno y año**, cantidad suficiente para el mantenimiento de esta comunidad vegetal. Estas tilandsias, tienen también un profundo significado cultural, como lo muestra el hecho de su aparición frecuente junto a enterramientos y momias de culturas precolombinas.



Detalle de las hojas de *T. Landbeckii*

Imagen propia: J. I. García Plazaola

Mediante esta planta record se van a abordar el siguiente proceso fisiológico:

1. Cutícula e interacción planta/ambiente

Que tiene su interés aplicado para:

2. La biomimética

1. Cutícula e interacción planta/ambiente

1a.

Definición y estructura

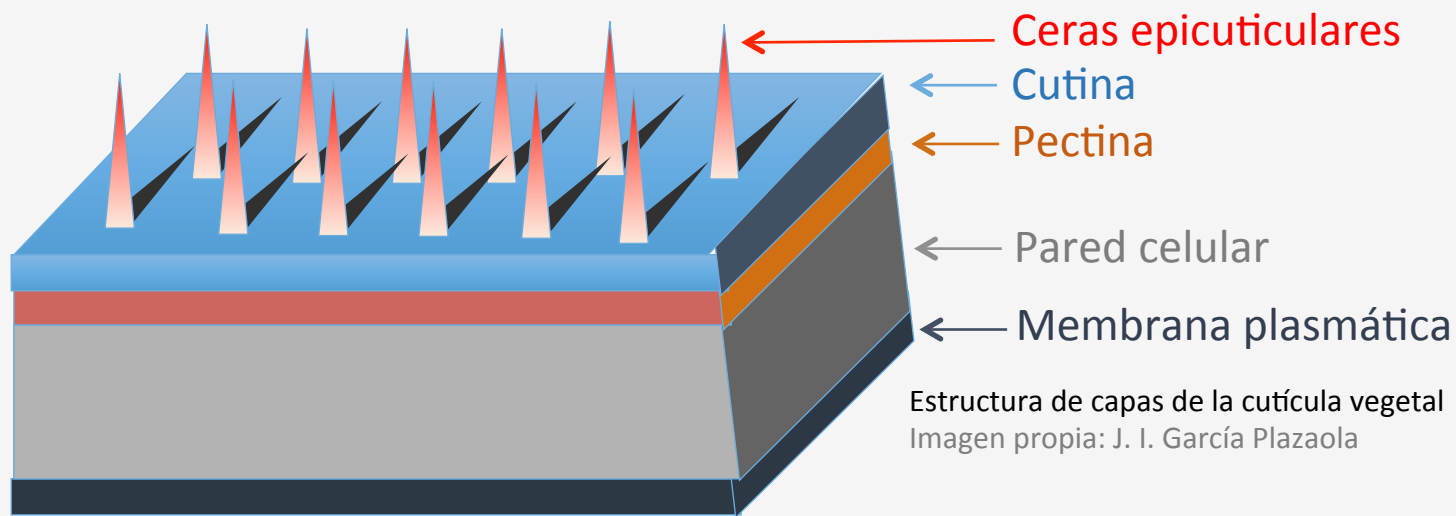
1b.

Funciones y propiedades

1a.

Definición y estructura

Los tejidos vegetales están aislados y separados del ambiente exterior por un tejido especial, la **epidermis**, que en su parte externa muestra una serie de adaptaciones que permiten la protección pero también la interacción con el exterior. Es por tanto la responsable de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las superficies vegetales. En cierto modo es el equivalente a la piel humana. En su estructura externa se distinguen las siguientes capas (de dentro hacia fuera):



1a.

Definición y estructura

- Células de la epidermis, capa viva más externa de la planta, cuyas células se caracterizan por carecer de cloroplastos. Como el resto de células, están delimitadas por una **membrana plasmática**.
- Hacia el exterior se sitúa la **pared celular**, es la estructura rígida que rodea la célula vegetal. Está formada principalmente por polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectina) y otros polímeros (lignina).
- Estos polisacáridos se conectan con las capas más externas a través de una **capa de pectina** que liga pared epidérmica y cutícula.
- La siguiente capa es la cutícula propiamente dicha, que consta básicamente de un polímero, la **cutina**, que constituye la matriz en la que se impregnan las **ceras intracuticulares**.
- La capa más externa la constituyen las **ceras epicuticulares**, que están constituidas por hidrocarburos de cadena larga, y son los principales determinantes de las propiedades de la superficie de las hojas.

1a.

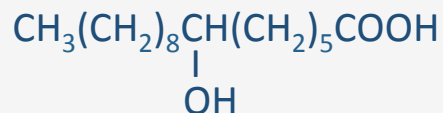
Definición y composición

Químicamente los tres componentes principales de la cutícula son por tanto las pectinas, la cutina y las ceras.

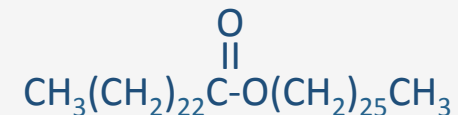
-Las **pectinas** son polisacáridos ácidos muy ramificados que forman una matriz amorfa.

-La **cutina** es un poliéster formado por ácidos grasos unidos por enlaces éster de modo que forman una red tridimensional.

-Las **ceras** son mezclas de hidrocarburos alifáticos de cadena larga (20-40 C) por lo que son muy hidrofóbicos, junto con ácidos grasos que pueden estar esterificados con alcoholes, compuestos fenólicos y terpenoides.



Ácidos grasos que se polimerizan para producir cutina



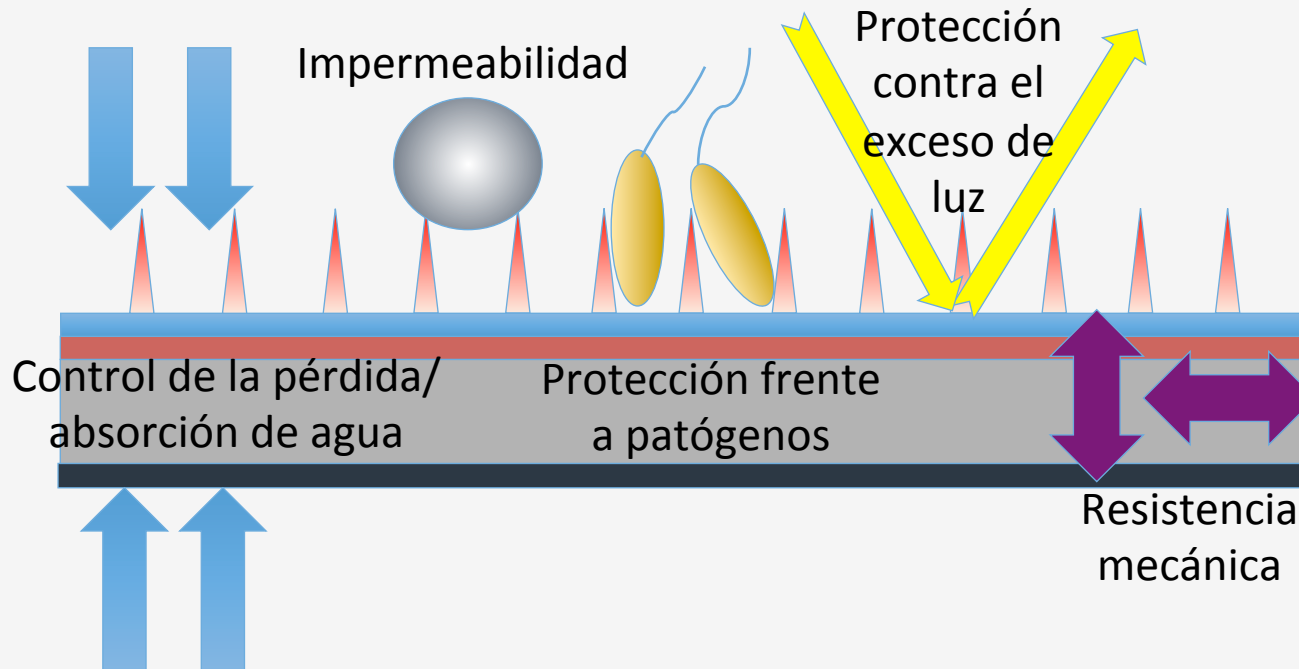
Hidrocarburos de cadena larga y ácidos grasos esterificados, componentes de la cutina

1b.

Funciones y propiedades

Las superficies vegetales presentan muchas propiedades que vienen definidas por las características de la cutícula. A continuación se mencionan algunas de ellas:

-superhidrofilicidad: son aquellas superficies con una afinidad extrema por el agua. En general se encuentran en aquellas plantas que viven en ambientes muy secos que demandan una gran eficiencia en la captura de agua de la atmósfera.



Funciones de la cutícula vegetal y su interacción con el ambiente
Imagen propia: J. I. García Plazaola

1b.

Funciones y propiedades

- superhidrofobicidad: son las superficies que repelen por completo el agua. Se encuentran en plantas acuáticas o de climas húmedos, en que el agua puede ser una fuente de patógenos, o puede dificultar el intercambio de gases con la atmósfera.
- Superficies glandulares: son aquellas que están tapizadas por glándulas unicelulares, con fines diversos: repelentes de herbívoros, captura de insectos, liberación de compuestos volátiles, desintoxicación.
- Superficies espinosas, con la finalidad de protección frente a los herbívoros.
- Interacción con la luz, superficies reflectantes, filtros de radiación dañina, superficies iridiscentes.

Efecto superhidrofóbico en la superficie de las hojas de la flor de loto (*Nelumbo nucifera*)
Imagen propia: J. I. García Plazaola



2.

La biomimética

2a.

Definición

2b.

La mojabilidad de las superficies

2c.

Superficies superhidrofílicas

2d.

Ejemplos: superficies autolimpiables

2a.

Definición

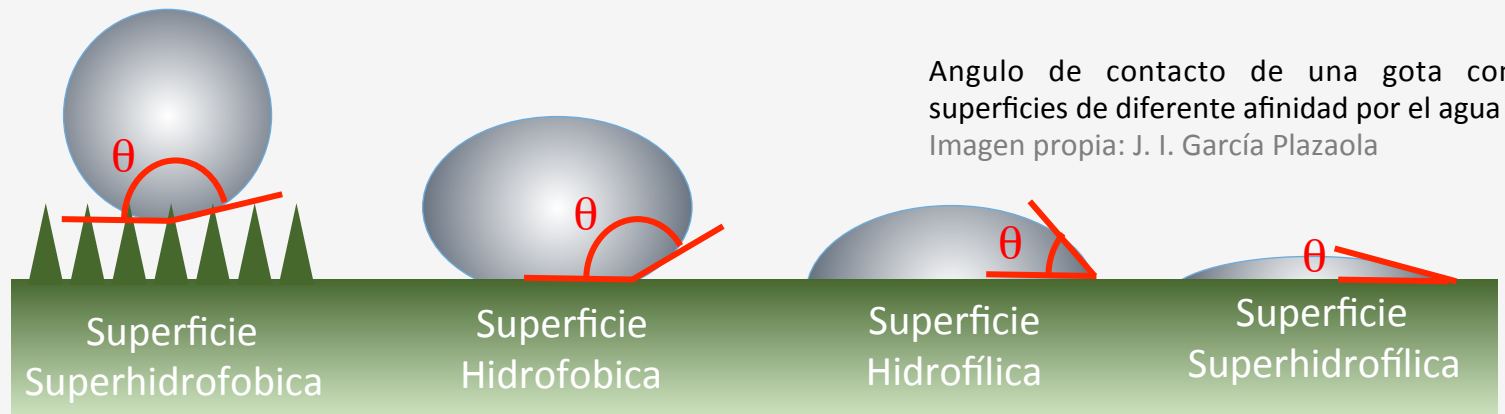
Biomimética es el desarrollo de productos o tecnologías inspirados en las propiedades de los seres vivos. Es un campo multidisciplinar que implica la investigación en fenómenos biológicos por parte de la biología, física y química que inspiran el posterior desarrollo por la ingeniería de componentes o tecnologías que imitan a los propios procesos biológicos. Es una ciencia muy antigua, quizás el referente antiguo más conocido es el de Leonardo da Vinci, quien estudiando el vuelo de las aves intentó replicar su funcionamiento diseñando un prototipo capaz de volar. Actualmente son las nanotecnologías las más interesadas en utilizar la biomimética en sus diseños.

En el caso de las plantas son principalmente dos los procesos que se intentar imitar: la fotosíntesis con el desarrollo de la fotosíntesis artificial; y las superficies vegetales y sus propiedades. Un ejemplo muy popular de esto último es el caso del “velcro”. Este producto fue desarrollado en los años 50 imitando las propiedades de adhesión de las superficies de algunas semillas, algo que todo el mundo ha experimentado en el verano cuando las semillas o frutos se pegan a los calcetines, y a veces los destrozan cuando se intentan extraer. La palabra “velcro” tiene su origen en el francés “velour” (tercipelo) y “crochet” (garfio).

2b.

La mojabilidad de las superficies

Como se ha indicado en 1b las **superficies vegetales pueden ser hidrofóbicas o hidrofílicas** dependiendo de los requerimientos ecológicos de cada especie. La hidrofobicidad depende primariamente de las propiedades químicas de las superficies: a mayor contenido de ceras, más hidrofóbico. Esta propiedad se puede caracterizar por el estudio del **ángulo de contacto (θ)** de las gotas de agua con la superficie. Si es menor de 90° se considera hidrofílica, si es mayor hidrofóbica. Pero además, la rugosidad de la superficie incrementa la hidrofobicidad al aumentar el ángulo de contacto. De esta forma algunas plantas combinan rugosidad y ceras epicuticulares en su superficie, dando lugar a hojas **superhidrofóbicas**, en las que θ es mayor de 150° , como es el renombrado caso de la flor de loto.



2c.

Superficies superhidrofílicas

Se considera que las superficies son superhidrofílicas cuando el ángulo de contacto es menor de 10° . Es el caso de la superficie del peristoma de las trampas de la planta carnívora *Nepenthes* (ver Tema 3) cuyas trampas son tan hidrofílicas que se crea una resbaladiza capa uniforme de agua por la que deslizan los insectos a su interior en una especie de aquaplaning. Dentro de la trampa las paredes están recubiertas de ceras lo que impide a los insectos escapar en tanto que unas glándulas producen enzimas que digieren sus tejidos.

Trampa de *Nepenthes* recubierta en su boca (peristoma) por una resbaladiza superficie superhidrofílica.
Imagen propia: J. I. García Plazaola



2c.

Superficies superhidrofílicas

Éste es también el caso de plantas como la tilandsia que ilustra este capítulo, o de los líquenes. En estos casos las superficies no solo permiten que el agua fluya en su superficie, sino que directamente la condensan y la absorben. Su imitación ha dado lugar a **sistemas de captación de niebla** que se emplean para el suministro de agua para el consumo humano o el riego e incluso para producir agua embotellada de gran valor añadido. Estos captadores son muy frecuentes en Chile, Perú o Namibia, llegando a capturar entre 2 y 10 litros por m^2 y día.



Captadores de niebla en el norte de Chile (Parque Nacional Pan de Azúcar).

Imagen propia: J. I. García Plazaola

2d.

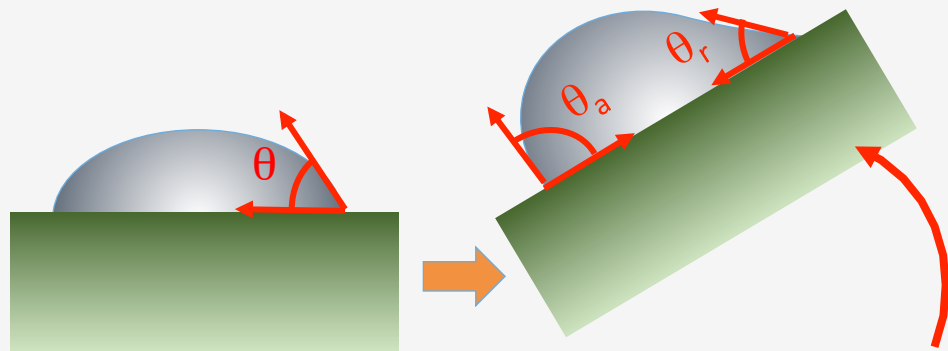
Ejemplos: superficies autolimpiables

Basándose en estas lecciones de la naturaleza se han desarrollado materiales para construcción o para ropa, cuya nanoestructura superficial los hace ser “autolimpiables”. Este tipo de materiales pueden basarse en propiedades de superhidrofobicidad, pero también de superhidrofilicidad. Estas superficies autolimpiables, sean de carácter hidrofóbico o hidrofílico, se caracterizan por valores muy bajos de histéresis (H) del ángulo de contacto (θ).

La histéresis se estima como la diferencia entre el ángulo de contacto en el lado de avance (θ_a) y en el lado de retroceso (θ_r) sobre una superficie inclinada e indicará la facilidad con la que el agua se moverá por la superficie. Cuanto menor sea H con más facilidad se moverá el agua y mejor se autolimpiará la superficie.

Histéresis del ángulo de contacto de una gota cuando desliza por una superficie inclinada

Imagen propia: J. I. García Plazaola



Lista de verificación

¿he alcanzado los resultados de aprendizaje

Mediante la tilandsia del desierto se ha abordado el tema de la estructura y función de la cutícula, la interacción entre superficies y agua y la biomimética. Comprueba la siguiente lista de verificación. Si eres capaz de contestar a las preguntas puedes **comenzar con los ejercicios**. Si no eres capaz, **debes volver a repasar el temario**, antes de realizar los ejercicios propuestos.

- ✓ Saber cómo una planta puede sobrevivir sin agua en el desierto de Atacama (sección 1a).
- ✓ Conocer cómo es la estructura y las funciones de la cutícula (sección 1b).
- ✓ Saber qué es la biomimética y conocer ejemplos reseñables (sección 2a).
- ✓ Interpretar el significado de los ángulos que forman las gotas de agua en las superficies (sección 2b).
- ✓ Conocer el significado de los términos técnicos que definen las propiedades de las superficies (sección 2b).

Imagen propia:
J. I. García Plazaola

