

## **BLOQUE I:**

### **ADAPTACIONES Y ESPECIALIZACIONES ANATÓMICAS DE PLANTAS FRENTE AL ESTRÉS**

**E**n los hábitats naturales, las plantas viven en medioambientes complejos y diversos, en los cuales interactúa con un amplio rango de organismos y en los que las condiciones ambientales pueden ser muy cambiantes. Por ello, las plantas han desarrollado una gran variedad de adaptaciones anatómicas para enfrentarse al estrés causado por causas abióticas y por las interacciones bióticas, algunas de las cuales les son claramente perjudiciales.

Algunas plantas han desplegado un formidable arsenal metabólico para formar barreras mecánicas, matar al agresor o transformarse en un alimento envenenado como primera línea de defensa. Muchas plantas producen espinas, tricomas y una resistente cubierta exterior, suficientes para disuadir a los posibles agresores. Pero, además, producen incontables compuestos químicos que actúan como bactericidas o fungicidas o como tóxicos, producen proteínas de defensa o inhibidores de enzimas digestivas. También producen y liberan compuestos volátiles que alertan del ataque a otras partes de la planta o a plantas próximas y capaces de ahuyentar al atacante o atraer a sus depredadores. Por lo tanto, muchas plantas se han adaptado mediante la formación de estructuras superficiales o intracelulares y/o de barreras bioquímicas como defensa constitutiva frente al ataque de organismos que les son perjudiciales.

Con respecto a los estreses abióticos, las plantas también han desarrollado diversas adaptaciones que les permite sobrevivir en condiciones ambientales muy diversas, encontrando plantas en casi todos los ambientes. Factores abióticos como la falta de agua (déficit hídrico) y la presencia de altas concentraciones de sales (estrés salino), ejercen una gran presión sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas y sobre su supervivencia. Los cambios anatómicos adoptados por las plantas para sobrevivir bajo estos estreses, incluyen modificaciones en su morfología y fisiología, con el objetivo de conservar el agua, evitar la deshidratación o manejar de forma eficiente el exceso de sales. Entre las adaptaciones más comunes y relevantes, incluyendo algunas estructuras especializadas, se encuentra la reducción en el tamaño foliar, enrollamiento de las hojas, disminución en el número de estomas, estomas encerrados en criptas, presencia de un parénquima acuífero (suculencia) y glándulas secretoras de sal (Flowers y Yeo, 1995; Parida y Das, 2005; Flowers y Colmer, 2008; Nobel, 2009). Para enfrentar el estrés osmótico generado por la alta concentración de sales en el suelo, las plantas halófitas pueden acumular en sus células osmoprotectores para mantener la homeostasis iónica, sin interferir con las funciones metabólicas normales (Parida y Das, 2005).



## 1.- ESTUDIO DE LAS DEFENSAS CONSTITUTIVAS DE PLANTAS PARA HACER FRENTE A ESTRESSES BIÓTICOS

**M**uchas de las plantas tienen mecanismos de defensa constitutivos. Las defensas químicas (producción de metabolitos secundarios tóxicos) proveen a las plantas de una protección básica contra muchas plagas y patógenos (Wittstock y Gershenson, 2002). Las defensas constitutivas son muy costosas para las plantas; la producción de metabolitos secundarios requiere de un aporte de energía significativo, derivado del metabolismo primario, lo cual hace que no esté disponible para el crecimiento, desarrollo y reproducción (Gershenson, 1994; Purrington, 2000). Además, las plagas y patógenos pueden adaptarse a las defensas químicas constitutivas. Incluso, algunas especies de insectos herbívoros y patógenos microbianos han desarrollado mecanismos fisiológicos para detoxificar los metabolitos secundarios letales, e incluso pueden usar estos compuestos para defenderse contra sus predadores o parásitos (Morrissey *et al.*, 2000). En consecuencia, la mayoría de las plantas han desarrollado sistemas de defensa inducibles que habilitan a las plantas para responder de forma más flexible a toda la colección completa de amenazas bióticas que se puedan presentar.

La primera línea de defensa a los ataques de plagas de insectos y de patógenos son las barreras mecánicas, que incluyen: estructuras superficiales, cristales minerales y el movimiento de las hojas. Las estructuras superficiales más comunes son las espinas y los tricomas. Las espinas pueden tener diferentes orígenes y su característica es que tienen el extremo puntiagudo y fuerte, que protege físicamente de los grandes herbívoros, tales como mamíferos, si bien son menos efectivas para los pequeños insectos (Kariyat *et al.*, 2017). Los tricomas son una defensa muy efectiva contra las plagas de insectos por sus mecanismos disuasorios físicos y químicos (Pechan *et al.*, 2002; Andama *et al.*, 2020). Los tricomas tienen una gran variedad de formas, desde simples pelos a glandulares y su densidad es variable, dependiendo de muchos factores. Lo primero es que actúan como sensores, detectan la presencia, y envían señales a las células de alrededor. Además, los tricomas glandulares almacenan metabolitos secundarios específicos en bolsas formadas entre la pared celular y la cutícula que se rompen y liberan su contenido al entrar en contacto con el agresor y el olor fuerte y sabor amargo de estos compuestos actúan como repelentes.

Un tipo diferente de obstáculo mecánico son los cristales minerales que están presentes en muchas especies, como los cristales de sílice (fitolitos) y los cristales de oxalato cálcico, que están en las vacuolas distribuidos uniformemente en la hoja o restringidos a células especializadas, los idioplastos. Los cristales añaden dureza a los tejidos y hacen que las hojas sean difíciles de masticar e incluso pueden tener formas de agujas y provocan daños abrasivos, lo que permite que otros compuestos producidos por la planta penetren a través de las heridas producidas al herbívoro (Hudgins *et al.*, 2003).

## Objetivo

En esta práctica se pretende hacer una observación macro- y microscópica de las estructuras superficiales (espinas y tricomas) desarrolladas por las plantas y de la presencia de cristales (rafidios, idioblastos, etc.) presentes en las hojas de diferentes especies.

## Materiales

Hojas de distintas especies	Cuchilla de bisturí
Agua destilada	Portaobjetos y cubres
Pipeta Pasteur	Placas Petri
Lanceta y agujas enmangadas	Lupa binocular
Tijeras	Microscopio

## Procedimiento

Comenzamos identificando y separando las diferentes especies que vamos a estudiar en profundidad.

- a) En primer lugar, hacer una observación general macroscópica de las plantas, clasificándolas en dos grupos: 1) con estructuras superficiales visibles (espinas, tricomas u otras) y 2) sin estructuras superficiales.
- b) Observar bajo lupa binocular el haz y el envés de las hojas del grupo 1, describiendo el tipo de estructura superficial, forma, densidad, etc. Hacer fotos de las observaciones (Figura 1).
- c) A continuación, hacer varios cortes de las hojas del grupo 2 de cada una de las plantas a estudiar, lo más finos posibles, con una cuchilla de bisturí. Para evitar cortes en los dedos, poner la yema del dedo que sujeta la hoja hacia abajo.
- d) Montar los cortes en el portaobjetos, añadir unas gotas de agua, colocar el cubre y observar las preparaciones con el microscopio óptico.
- e) A partir de la observación debes:
  - A) Describir y comparar la estructura anatómica de las diferentes especies estudiadas. Diferenciar las plantas con hojas con tricomas y tipos y con espinas y tipos, y plantas sin estructuras superficiales pero que contienen cristales en sus células y tipos.
  - B) Comparar las estructuras superficiales según los tipos y densidad entre las especies estudiadas.
  - C) Localizar, describir y comparar los distintos cristales observados entre las especies estudiadas.
  - D) Hacer dibujos o fotos de todas las observaciones en la lupa y en los cortes realizados y vistos en el microscopio. Anotar siempre los aumentos que se utilizan en cada dibujo.

## Observación macroscópica



## Observación microscópica



Describir, localizar y comparar las diferentes estructuras y tipos celulares

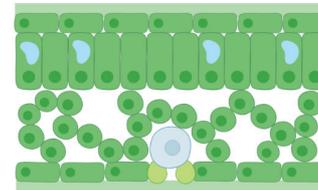
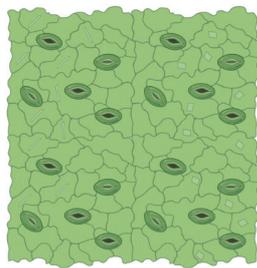


Figura 1. Visualización de plantas de diferentes especies que portan barreras constitutivas de defensa (estructuras superficiales y cristales).

## Resultados

- 1.- Describir y explicar las diferentes estructuras superficiales observadas en las distintas especies estudiadas. Describir el tipo y densidad.
- 2.- Comparar las estructuras superficiales observadas y explicar las posibles utilidades de cada una de ellas.
- 3.- Describir y explicar los diferentes tipos de cristales y estructuras especializadas encontradas al observar los cortes de las hojas al microscopio.
- 4.- Comparar los cristales y otras estructuras observadas en los cortes y explicar las posibles utilidades de cada una de ellas.

Buscar bibliografía relacionada con el tema para apoyar la discusión.



## 2.- ESTUDIO DE LA ANATOMÍA FOLIAR DE ESPECIES ADAPTADAS A HÁBITATS XÉRICOS Y SALINOS

El estrés hídrico es el principal factor limitante del crecimiento vegetal de manera que la escasez de agua supone una pérdida generalizada de cultivos y de ecosistemas. Para hacer frente a la falta de agua, muchas plantas han desarrollado características que optimizan la captación, almacenamiento y conservación del agua (Nobel, 2009). Las plantas adaptadas a ambientes secos, conocidas como xerófitas, presentan una serie de adaptaciones morfofisiológicas cuyo objetivo es minimizar la pérdida de agua. El estrés salino está íntimamente relacionado con el estrés hídrico, ya que la presencia de altas concentraciones de sal en el suelo impide que las raíces absorban agua de manera eficiente, creando un déficit hídrico en la planta. Por esta razón, muchas de las adaptaciones que presentan las halófitas son similares a las de las xerófitas (Flowers y Colmer, 2008). El estrés salino, además de desequilibrios osmóticos, también provoca desequilibrios iónicos y toxicidad. En las plantas capaces de tolerar altas concentraciones de sal se observan morfologías específicas que les permiten regular la concentración de sales y el agua en sus tejidos (Parida y Das, 2005; Flowers y Colmer, 2008)

Por lo tanto, las plantas que habitan en ambientes xéricos o salinos han desarrollado una amplia variedad de adaptaciones anatómicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir y crecer bajo estas condiciones extremas. Las adaptaciones xerofíticas más comunes, que buscan disminuir la transpiración cuticular y estomática, son la pérdida total de las hojas o la reducción de su tamaño, el enrollamiento del limbo foliar, el engrosamiento de la cutícula y la presencia de criptas estomáticas. Por otro lado, las adaptaciones halofíticas, como la succulencia, la excreción de sales y la acumulación de osmoprotectores, les permiten lidiar con el estrés osmótico y tóxico que imponen los suelos salinos. Estas estrategias permiten a las plantas no solo resistir los ambientes hostiles, sino también prosperar en ellos.

### Objetivo

En esta práctica se pretende hacer una observación macro- y microscópica de las adaptaciones anatómicas que aparecen, de forma específica, en las hojas de algunas de las plantas adaptadas a ambientes xéricos y salinos.

### Materiales

Hojas de distintas especies adaptadas a ambientes salinos y/o secos	
Agua destilada y pipeta Pasteur	Portaobjetos y cubres
Cuchilla de bisturí	Placas Petri
Lanceta y agujas enmangada	Lupa binocular
Tijeras	Microscopio

## Procedimiento

Comenzamos identificando y separando las diferentes especies que vamos a estudiar en profundidad.

- En primer lugar, hacer una observación macroscópica de las hojas completas, anotando las diferencias en la forma, color, textura, presencia de tricomas, glándulas de sal, etc.
- Visualizar la estructura del haz y el envés de las hojas de las distintas plantas, cuando su tamaño lo permita, en la lupa binocular (Figura 2).
- A continuación, hacer varios cortes de las hojas de cada una de las plantas a estudiar, lo más finos posibles, con una cuchilla de bisturí. Para evitar cortes en los dedos, poner la yema del dedo que sujeta la hoja hacia abajo.
- Montar los cortes en el portaobjetos, añadir unas gotas de agua, colocar el cubre y observar las preparaciones con el microscopio óptico.

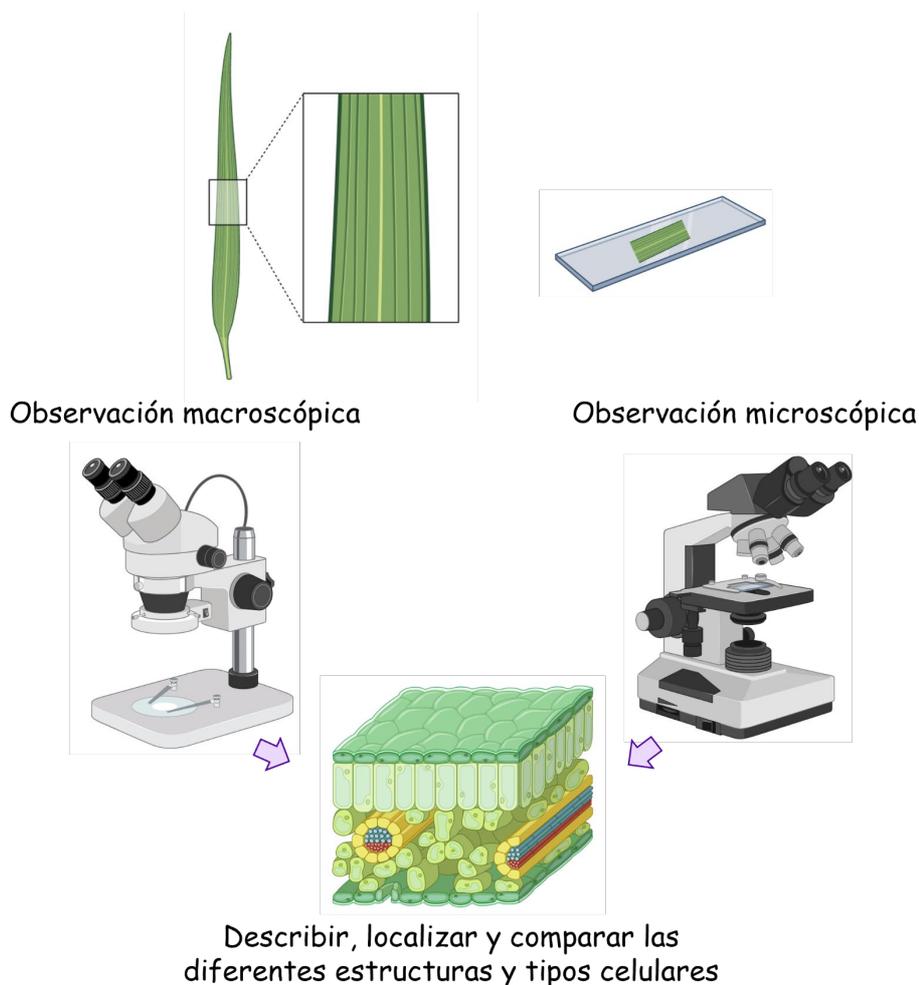


Figura 2. Visualización de hojas de plantas de diferentes especies adaptadas a ambientes xéricos y salinos.

- e) A partir de la observación de los diferentes cortes debes:
- A) Describir y comparar la estructura foliar de las hojas de las distintas especies estudiadas. Diferenciar las hojas crasas (suculentas) de las hojas normales o de las esclerificadas (hojas xerófitas con un parénquima en empalizada muy desarrollado; son hojas duras y coriáceas).
  - B) Comparar la estructura foliar microscópica de las especies estudiadas.
  - C) Localizar y describir las distintas estructuras que puedan considerarse específicas para el estrés hídrico o salino (tricomatos o pelos, glándulas salinas, etc.), o para otros tipos de estrés.
  - D) Hacer dibujos o fotos de todas las estructuras que se observen en los cortes realizados. Anotar siempre los aumentos que se utilizan en cada dibujo.

## Resultados

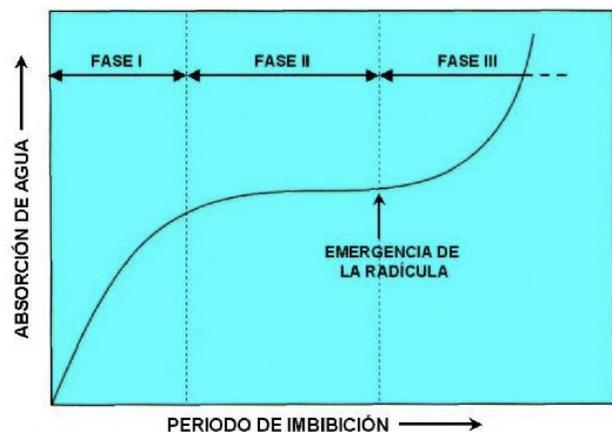
- 1.- Explicar las diferencias de forma, color, tamaño, etc. apreciadas durante la observación macroscópica de las hojas de las distintas especies estudiadas.
- 2.- Explicar las diferencias encontradas al observar la estructura de las hojas al microscopio y si esas diferencias pueden deberse a adaptaciones específicas a algún tipo de estrés.

Buscar bibliografía relacionada con el tema para apoyar la discusión.

## BLOQUE II: LA SEMILLA

La semilla es la unidad reproductiva y de dispersión de las plantas superiores, cuya función principal es asegurar la multiplicación y perpetuación de la especie. En general, una semilla está compuesta por un embrión, tejidos de reserva y cubiertas protectoras. Para que la semilla cumpla su propósito, el embrión, formado después de la fecundación y la embriogénesis, debe crecer y desarrollarse hasta convertirse en una planta capaz de vivir de manera autónoma. Este desarrollo involucra una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos conocidos como germinación.

La germinación es un proceso complejo que comienza con la imbibición, que es la absorción de agua por parte de la semilla seca. Este proceso de toma de agua es fundamental, ya que activa los procesos metabólicos necesarios para que la semilla pueda germinar. En general, se considera que una semilla ha germinado cuando la radícula rompe las cubiertas y emerge, haciéndose visible (1-2 mm). El crecimiento de la radícula es impulsado por la presión de turgencia de las células en la región subapical, conocida como la zona de elongación. A partir de este punto, el embrión en crecimiento pasa de un metabolismo mayormente anaerobio a uno aerobio mucho más eficiente, lo que le permite desarrollarse en una planta completa. Este crecimiento se sostiene gracias a la energía y nutrientes provenientes de las reservas almacenadas en el endospermo y/o cotiledones.



La germinación está condicionada por varios factores ambientales y biológicos. Entre los más importantes se encuentran: i) la temperatura, que debe estar dentro de un rango óptimo para que se lleven a cabo los procesos metabólicos; ii) la humedad, esencial para la toma de agua (imbibición); iii) la luz, que puede estimular o inhibir la germinación según las especies; y iv) el potencial osmótico del entorno, que puede afectar a la capacidad de la semilla para absorber agua y realizar funciones vitales. Todos estos factores interactúan para determinar el éxito de la germinación y el posterior desarrollo de la plántula.