

Una herramienta para el estudio morfológico de las plantas

Microscopía electrónica de barrido

Ana María Mujica ¹ / amujicar@uc.cl



Figura 1. *Berberis empetrifolia*, en su hábitat natural a 2.800 metros de altitud en la cordillera andina de Santiago

Durante varios años se han estudiado las estructuras superficiales y tisulares de las plantas nativas de Chile de manera superficial, debido a la imposibilidad de visualizarlas mediante el uso de un microscopio óptico. Para cambiar esta situación se introdujo un aparato que permite realizar en profundidad este tipo de estudio. Se trata del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) que cuenta con una mayor resolución y por ende, permite conocer de manera más acabada la fisonomía de las plantas. Gracias a éste, se ha podido comprender a cabalidad algunas de las estrategias desarrolladas por estos organismos para vivir en distintos tipos de ambientes.

Este estudio centró su atención en lo que se conoce como la vegetación cordillerana, acostumbrada por años a resistir las condiciones altamente estresantes presentes en la zona. Tras la aplicación del MEB fue posible descubrir importantes evidencias del proceso adaptativo de las plantas, centrandó la atención en las hojas de los arbustos.

¹ Docente del Departamento de Ciencias Vegetales

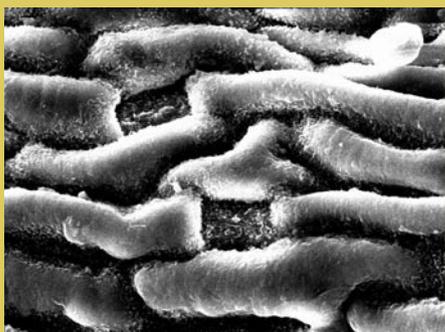


Figura 5. *Ephedra chilensis*, estomas hundidos entre proyecciones cuticulares en tallos fotosintetizadores 2410x



Figura 6. *Nardophyllum lanatum*. Estomas epidérmicos abaxiales, 3660x



Figura 7. *Nardophyllum lanatum* Epidermis foliar superior densamente cubierta de tricomas. 2897x

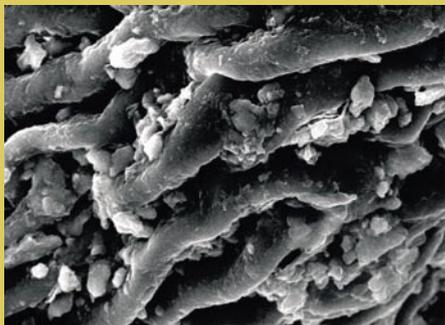


Figura 4. *Ephedra chilensis*, deposición cerosa epicuticular cristalina en bráctea nodal 2500x

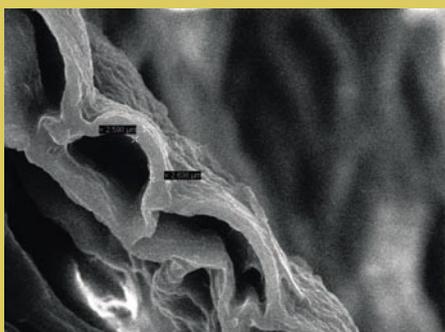


Figura 3. Mediciones de grosor de cutícula en la cara adaxial de la hoja de *Berberis empetrifolia*

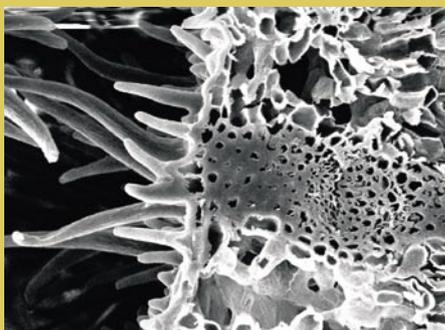


Figura 2. *Berberis empetrifolia*: Corte transversal por el área central de la hoja, se observa el haz vascular protegido por tejido lignificado y abundancia de pubescencia en la cara abaxial de la hoja 746x

La vegetación de la cordillera de los Andes

En la Cordillera de Los Andes de Chile central, sobre los 2.000 metros de altitud, se desarrolla una cubierta vegetal muy característica, formada por arbustos bajos, espinosos y hierbas de vida efímera, la cual alcanza su pleno desarrollo durante los meses de verano, cuando se ha derretido la capa de nieve invernal, originando pequeños cursos de agua que permiten la disponibilidad de este recurso por parte de las plantas. Esta vegetación se conoce como matorral esclerófilo altoandino, el cual presenta alta diversidad en comparación con otras comunidades presentes en ecosistemas extremos.

Este matorral se encuentra constituido por un porcentaje importante de arbustos caméfitos, esclerófilos, espinosos, con dolicoblastos (ramas de entrenudos largos) portadores de hojas modificadas en espinas y braquiblastos (ramas de entrenudos cortos) portadores de hojas fotosintetizadoras.

Sabido es que las plantas altoandinas han establecido relaciones de tipo morfológico con la altitud. Estas son capaces de modificar su estructura a lo largo de gradientes altitudinales, como estrategia para mitigar las condiciones climáticas limitantes. Dentro de estas modificaciones existen variaciones externas tales como hábito del individuo, distribución espacial de módulos arquitectónicos, orientación floral, ángulo foliar, área foliar, densidad estomática, densidad y longitud de tricomas, deposición epidérmica cerosa,

Se estima que alrededor del 25% de la diversidad biológica a nivel mundial es de montaña, presentando un porcentaje importante de endemismo y catalogando al ecosistema como uno frágil debido al ambiente limitante para la adquisición de recursos por parte de las plantas.

proyecciones epicuticulares y variaciones estructurales internas como compactación del mesófilo foliar, variación en el tejido meristemático, tamaño celular y síntesis de compuestos secundarios de fotoprotección.

Las condiciones climáticas limitantes, como las que aparecen a lo largo de un gradiente altitudinal, afectan principalmente la conformación y estructura interna de las hojas, que en conjunto, determinan la actividad fisiológica de la planta, repercutiendo finalmente en su éxito reproductivo. Justamente es este órgano fotosintético el que mejor refleja la especialización estructural, exhibiendo una multiplicidad de características xeromórficas que ayudan a aprovechar los recursos disponibles en la corta estación de crecimiento.

Debido a todo esto, se decidió trabajar con este tipo de plantas en el presente estudio.

Para analizar a cabalidad su rápida capacidad de adaptación, el MEB fue una pieza clave. Esta herramienta tecnológica permitió desarrollar un completo análisis de los cambios fisiológicos

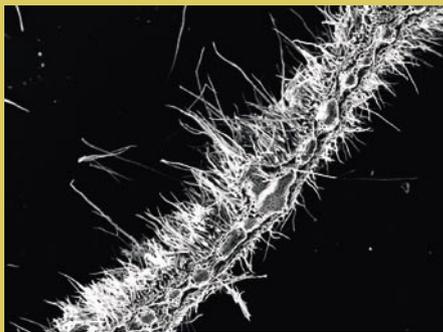


Figura 8. *Chuquiraga oppositifolia*, corte transversal por hoja, mesófilo compacto, epidermis densamente cubierta con tricomas largos, 106x



Figura 9. *Haploppapus shumani*. Estoma 4310x

que experimenta este tipo de vegetación para lograr vivir en ese medio ambiente.

Los arbustos caméfitos son una de las formas de crecimiento más conspicuas observadas a grandes altitudes y esto es interpretado como una oportunidad para aprovechar mejor el microclima más próximo al sustrato, lo que les permite protegerse de la deshidratación producida por las bajas temperaturas, alta radiación solar y los fuertes vientos.

Resultados obtenidos con el MEB

Las plantas que viven a grandes altitudes en la cordillera andina de Chile central, desarrollan de manera notable estructuras foliares que les permiten soportar las condiciones extremas del medioambiente y mantener largos ciclos de vida. Mediante la utilización del MEB, ha sido posible analizar la anatomía foliar de especies arbustivas dominantes del matorral altoandino (*Berberis empetrifolia*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Ephedra chilensis*, *Haploppapus shumani*, *Nardophyllum lanatum*). Mediante este instrumento se han podido caracterizar las superficies foliares de estas especies y determinar las adaptaciones foliares comunes.

Es así como se ha verificado la presencia de abundante pubescencia en el 80% de las especies, característica que supone una modificación de las células epidérmicas.

Esta característica varía tanto en la longitud de los tricomas como en su densidad y está estrechamente relacionada con la altitud, ya que a mayores altu-

ras, las hojas desarrollan tricomas más largos y presentan más densidad.

Se ha discutido el papel funcional que tendría la pubescencia, relacionándola con la protección contra la alta radiación incidente, y con una mayor eficiencia en la economía hídrica y la difusión de gases.

La estructura de la superficie de las hojas, vale decir, el patrón de deposición de ceras epicuticulares, también es una característica que está presente en la gran mayoría de estas plantas. Las superficies estriadas, con presencia de ceras epicuticulares cristalinas y deposición abundante en la periferia de los estomas son caracteres considerados estratégicos en la protección de las

hojas contra la alta radiación solar, ya que estas proyecciones son eficientes en la reflexión de la luz. Los grosores cuticulares también son considerados altos (entre 2,8 y 8,7 micrones) semejantes a otras especies de ecosistemas xéricos, característica relacionada a las altas intensidades lumínicas y elevadas tasas de transpiración.

Estos elementos anatómicos representan para la planta, un conjunto de estrategias desarrolladas con el fin de maximizar su actividad fisiológica y su eficiencia biológica y son comunes en un amplio rango de especies vegetales que crecen en condiciones abióticas adversas como lo es un ecosistema de montaña. 

Estudios estructurales de plantas nativas

El Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) fue el instrumento que permitió realizar los estudios, análisis y evaluaciones de las imágenes del material orgánico e inorgánico de este estudio. Su funcionamiento básico está compuesto por un haz de electrones en lugar de luz para rastrear la superficie de una muestra y formar una imagen. Este haz de electrones, incide sobre la muestra e interactúa con los átomos de ella, generando señales que son captadas por alguno de los detectores del microscopio. Las muestras se hacen conductoras metalizando su superficie y los electrones secundarios reflejados se asocian a una señal de TV.

Gracias a su aplicación, se pudo determinar importantes conclusiones referentes a la capacidad de adaptación que caracteriza a las plantas que crecen a eso de los 2.000 metros de altitud en la Cordillera de los Andes. Su especificidad y exactitud permitió obtener importantes fotografías, evidencia de los procesos de supervivencia de este tipo de vegetación y también de la presencia de abundante pubescencia, en el 80% de las especies, característica que supone una modificación de las células epidérmicas.

Esta característica varía tanto en la longitud de los tricomas como en densidad y está estrechamente relacionada con la altitud, ya que a mayores alturas, las hojas desarrollan tricomas más largos y presentan mayor densidad.