

# VARIACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS HOJAS RESPECTO DE LA EXPOSICIÓN SOLAR

DAHIANA GONZALEZ

NICOLAS VARGAS

DIEGO SERENDERO

## Resumen

Las hojas de los árboles poseen diversas características que facilitan distintos procesos necesarios para el crecimiento y la supervivencia del organismo. Uno de los aspectos esenciales para estos procesos es la absorción de luz solar. Por lo tanto, la capacidad de las hojas para salir de la sombra y maximizar su exposición al sol se convierte en una tarea fundamental. En este sentido, el propósito de la investigación será explicar dichos procesos en el caso del Arrayán, el Ulmo y el Radal, árboles que se encuentran en Cascadas, Región de Los Lagos. La investigación demostrará que el tamaño de las hojas varía según su exposición al sol, y que esta adaptación permite una mejor absorción de luz y un aprovechamiento más eficiente de la energía por parte del organismo.

**Palabras clave:** Hoja, Luz, Solar, Árbol, Supervivencia.

## 1. Introducción

Las hojas que se encuentran en plantas y árboles cumplen funciones muy importantes no solo dentro de un conjunto entendido como planta sino que, para todos los seres vivos del planeta, ya sea, por su condición de ser alimento, como productor de oxígeno o como un eslabón importante dentro del equilibrio natural.

Aunque todas las hojas cumplan con una misma estructura (margen, pecíolo y venas) sus formas y tamaños no son homogéneas, ya que, estos responderán a las exigencias del lugar donde intentan crecer y sobrevivir. Por lo que, a lo largo y ancho del territorio Chileno se encuentran una cantidad de árboles cuyas hojas adoptan un color y un tamaño característico dependiendo de cuán expuestos a la luz solar se encuentren. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron los siguientes criterios de exposición a la luz: sombrío, mediana luz, y luz directa. Los árboles seleccionados para el análisis serán el Arrayán, el Ulmo y el Radal. Estos serán evaluados bajo los criterios mencionados para observar cómo varía el tamaño de sus hijos según la exposición al sol y entender las razones detrás de estos cambios.

### 1.1 Problema de investigación

La problemática que se presenta en esta investigación es: ¿el tamaño de las hojas de los árboles específicamente, del Arrayán, el Ulmo y el Radal varía según su exposición al sol?

### 1.2 Hipótesis

Conforme al problema de investigación que se presenta la hipótesis planteada es la

siguiente: El tamaño de las hojas experimenta un cambio según su exposición a la luz solar, siendo más pequeñas las que están en constante contacto con esta y más grandes las que se encuentran en una zona sombría.

### **1.3 Características y funciones de las hojas**

Las hojas presentan diversas características que le permiten adecuarse al ambiente donde crecen, tales como, tipos de tamaños y formas dependiendo del clima y su exposición al sol, además de cumplir funciones que permiten que el ambiente en general pueda seguir equilibrado por medio de procesos como la fotosíntesis. Por causa de la evidente importancia de las hojas en el medio natural, es que se hace necesario ahondar más en sus características y funciones para que pueda elaborarse una base, que dicho sea de paso permitirá explicar mejor el tema de fondo que aquí se busca desarrollar.

### **1.4 Fotosíntesis**

Gracias a la clorofila, que se encuentra en el interior de las hojas y les confiere su color verde característico, las plantas pueden captar la luz solar. Este proceso, junto con la absorción de agua y dióxido de carbono, permite la fotosíntesis, que es la producción de alimentos necesarios para la planta. De esta manera, la planta obtiene los nutrientes requeridos para su desarrollo y crecimiento adecuado de manera autótrofa.

### **1.5 Respiración Celular**

La respiración celular es un proceso en el que células de una hoja convierten la

energía bioquímica de nutrientes en trifosfato de adenosina. Los productos de desecho luego se liberan. Algunos de los nutrientes que son utilizados por las hojas durante la respiración celular incluyen ácidos grasos, aminoácidos, azúcar y oxígeno molecular. La energía producida durante este proceso es usada para las diversas partes de la planta, tales como, las raíces, el tronco del árbol, las ramas, los brotes y las flores.

### **1.6 Fitocromo**

El fitocromo es una proteína que poseen las hojas y actúa como un fotorreceptor de luz solar lo que posibilita que según la intensidad a la cual la hoja se vea expuesta se produzcan diversos procesos como la germinación, la floración y el crecimiento como respuesta para escapar de la sombra. En sí el fitocromo es un ente regulador de las hojas de las plantas y ayuda a que estas se puedan adaptar perfectamente a cualquier tipo de exposición solar por la cual se vean sometidas.

### **1.7 El Arrayán, el Ulmo y el Radal**

Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionaron tres especies de árboles (Arrayán, Ulmo y Radal), debido a su presencia en, casi todos, los segmentos de análisis de la metodología empleada, que incluyen luz directa, mediana luz y condiciones sombrías. Debido a esto, es menester conocer algunas características esenciales de estas especies para comprender mejor los resultados obtenidos.

#### **1.7.1 El Arrayán (*Luma apiculata*)**

El Arrayán crece en los bosques templados de Chile y Argentina, generalmente cerca de

cursos de agua, y se distribuye desde la Región de Valparaíso hasta la Región de Aysén. Sus hojas son redondas, con una apariencia brillante y de color verde oscuro en la parte superior. Las dimensiones de las hojas varían entre 1,5 a 5 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho.

Algunos de los usos que adquiere su madera es para mangos de herramientas o utensilios domésticos aparte de su uso ornamental por lo hermoso que se considera. La altura normal de este árbol es de 5 a 12 metros aunque en la zona sur del país suele sobrepasar los 20 metros de alto y llegan a la edad aproximada de 600 años. (García & Ormazábal, 2008.)

### 1.7.2 El Ulmo (*Eucryphia cordifolia*)

El Ulmo es un árbol siempre verde, corpulento, de copa redondeada y follaje denso. Puede alcanzar hasta 40 metros de altura y su tronco puede tener un diámetro de hasta 2 metros. La corteza es lisa, de color pardo y con fisuras longitudinales. Lo más característico de esta especie son sus flores blancas, de gran tamaño y perfumadas que llegan a medir 4 a 5 cm de diámetro situadas en la parte superior de las ramas, esta floración se produce entre los meses de enero y marzo, además cabe destacar que las abejas prefieren el néctar de estas flores y dan un sabor especial a la miel. Con respecto a su madera esta se caracteriza por ser muy dura y resistente a la pudrición. (García & Ormazábal, 2008.)

### 1.7.3 El Radal (*Lomatia hirsuta*)

El Radal es un árbol siempre verde, que puede alcanzar hasta 15 metros de altura. y presenta un tronco de aproximadamente 90 cm de diámetro. La corteza es delgada, gris a pardo oscura, ligeramente rugosa y con

fisuras longitudinales poco profundas. Las hojas son duras y de las más grandes entre los árboles chilenos, llegando a medir más de 15 cm de largo, en Chile crece entre Coquimbo y Chiloé de los 150 a los 1.200 metros sobre el nivel del mar. Con respecto al uso de su madera ésta se emplea para mueblería y para teñir de color café. (García & Ormazábal, 2008.)

## 2. Metodología

Este trabajo investigativo tuvo lugar en la zona de Cascadas, provincia de Llanquihue, Región de los Lagos, durante los días 4 y 7 de diciembre de 2016. La región cuenta con un régimen climático templado lluvioso y alberga selva valdiviana. Durante la recolección de las muestras, no se registraron precipitaciones, y el clima se mantuvo parcialmente soleado, correspondiente a la primavera.

Para la investigación, se requirieron diversos elementos y herramientas para garantizar la precisión y la seguridad durante el proceso de recolección de muestras.

- Guantes de látex: Utilizados para protegerse del hantavirus presente en el área de trabajo.
- Cinta métrica: Permitted medir, en metros, y facilitar la calificación de los árboles, así como la creación de segmentos para la recolección de muestras.
- Tijera: Herramienta de metal con filo, necesaria para cortar muestras del árbol con el menor daño posible y sin alterar su estructura.
- Bolsas plásticas: Empleadas para almacenar las muestras mientras se estuvo en terreno.

- Hoja de cuaderno cuadrícula: Usada para medir en centímetros cuadrados y evaluar el tamaño de las hojas, con cuadros de 1 centímetro cuadrado cada uno.
- Regla de 30 centímetros: Permitió verificar la precisión de las mediciones en la hoja cuadrículada.

El proceso metodológico investigativo comenzó con la búsqueda de muestras, que en este caso eran las muestras son las hojas de los árboles. Este proceso se realizó durante un recorrido de aproximadamente cuatro horas en el bosque. Durante el recorrido, se exploraron dos áreas distintas: la zona más sombreadas, ubicada cerca de la cascada, donde se encontró una gran cantidad de árboles, y la zona más soleada, cercana a la playa y el mar, donde los árboles estaban más distanciados entre sí. Se seleccionaron hojas de diversas especies, siguiendo el criterio de que estas estuvieran presentes en diferentes niveles de exposición al sol: luz directa, mediana luz y poca exposición al sol. Empero, la investigación se centró finalmente en las hojas del Arrayán, el Ulmo y el Radal, ya que estos eran los árboles que se encontraban más frecuentemente en la zona de estudio.

Los criterios para la toma de muestras consistieron en medir en 3 puntos distintos a partir del inicio del tronco: a 0 metros, a 1 metro y a 2 metros. En cada punto, se seleccionaron 5 hojas, preferiblemente las más longevas, que se cortaron. Luego, se determinó la especie de cada hoja y se guardaron en bolsas plásticas. Este procedimiento se repitió para cada árbol, tomando muestras según su exposición al sol. Por ejemplo, en un Arrayán con poca exposición solar se recogieron 5 hojas en cada uno de los tres puntos de medida (0 metros, 1 metro y 2 metros); el mismo

proceso se aplicó a un Arrayán expuesto al sol. Este método aseguró uniformidad en las muestras recogidas.

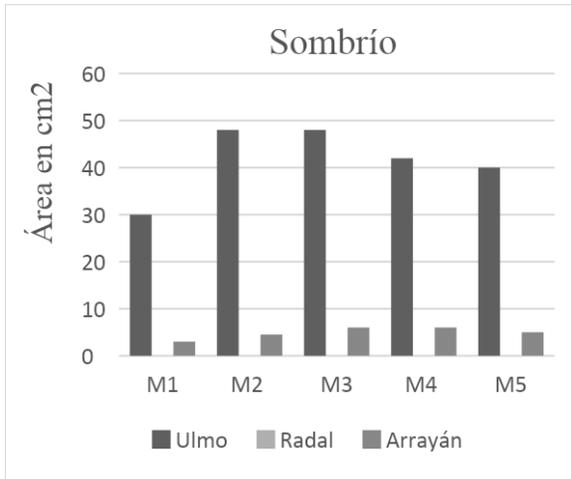
Luego de obtener las muestras de cada árbol, se procedió a hacer un catastro de lo recolectado y a calificarlo. Se concluyó que sólo se considerarían las muestras tomadas a una altura de 2 metros desde el tronco. Esta decisión se debió a que, en algunos casos, el tallo de los árboles se extendía demasiado, impidiendo la toma de muestras en las alturas de 0 y 1 metro. Por ejemplo, el Arrayán presentaba un tallo muy extenso, lo que hacía impracticable recoger muestras en las primeras dos alturas mencionadas.

Para medir el área cuadrada de las hojas de árboles, se colocaba cada hoja sobre una hoja cuadrículada, donde cada cuadro tenía un centímetro cuadrado. Se contaron los cuadros que abarcaba la hoja, y dado que las hojas no eran perfectamente cuadradas, se utilizaron la aproximación para determinar el tamaño más cercano. Este proceso permitió obtener un valor aproximado en centímetros cuadrados para cada muestra. Finalmente se consideraron 15 hojas de Arrayán, 15 hojas de Ulmo, y 10 hojas de Radal, ya que el Radal no se presentaba en zonas sombrías y no fue posible tomar muestras de esta especie en dicha área.

Para ordenar las muestras, se utilizó cinta adhesiva para fijarlas en hojas de oficio blancas, evitando su deterioro. Las muestras se clasificaron por especie y nivel de exposición al sol: alta, mediana y baja. Esta organización permitió una visualización clara y una fácil comparación en un solo documento. Aunque el color de las hojas puede variar, el tamaño, que es el aspecto principal de la investigación, se conserva para su observación continua.

### 3. Análisis

Gráfico 1. Área en cm<sup>2</sup> en el sector sombrío.



Fuente: Elaboración propia

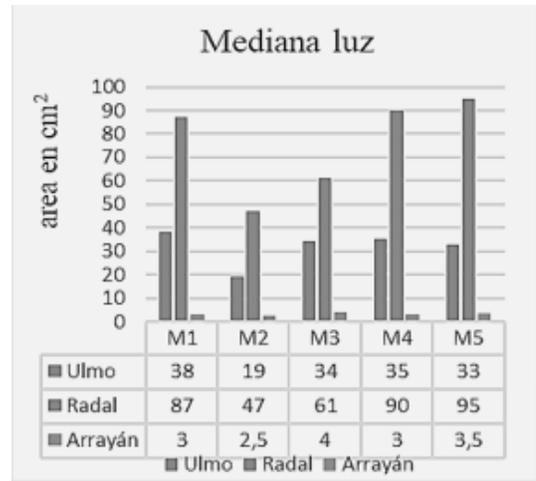
La función que se le adjudica al gráfico es identificar el área de las hojas de estas tres especies expuestas a la sombra.

Con respecto a las hojas de Ulmo, se observó que aquellas expuestas a la sombra presentan un tamaño considerable, con un área que varía desde 30 cm<sup>2</sup> hasta 48 cm<sup>2</sup>. En el caso del Radal, no se encontraron muestras en zonas sombrías, dado que este árbol se adapta mejor a ambientes con mayor exposición a la luz solar, resultando en la ausencia de datos para este tipo de condiciones. Finalmente, para las hojas de Arrayán en zonas sombrías, el tamaño varió entre 3 cm<sup>2</sup> y 6 cm<sup>2</sup> en las muestras analizadas.

En cuanto a las hojas expuestas a una mediana exposición a la luz solar, se observa un cambio significativo en los tamaños, permitiendo analizar las tres especies. El Ulmo presenta un rango de área que va desde 19 cm<sup>2</sup> hasta 38 cm<sup>2</sup>. En contraste, el Radal, que no se pudo analizar en la sombra, muestra áreas considerablemente mayores, reflejando su

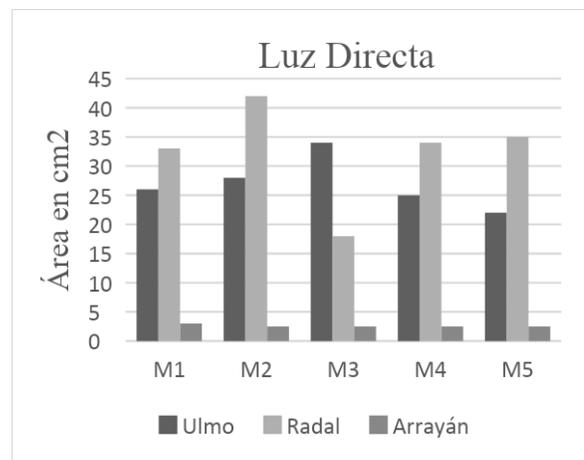
notable capacidad de crecimiento; las muestras de esta especie varían desde 47 cm<sup>2</sup> hasta 95 cm<sup>2</sup>. Por último, las hojas del Arrayán, aunque son relativamente pequeñas, tienen un tamaño que oscila entre 2,5 cm<sup>2</sup> y 4 cm<sup>2</sup> en este tipo de exposición.

Gráfico 2. Área en cm<sup>2</sup> en sector de mediana luz.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Área en cm<sup>2</sup> en luz directa.



Fuente: Elaboración propia.

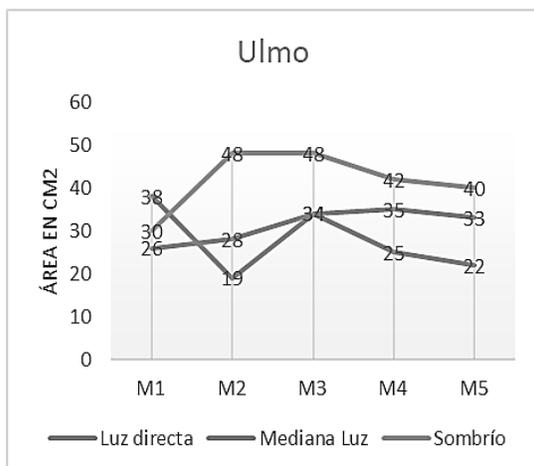
El gráfico muestra las tres especies arbóreas bajo exposición directa a la luz solar en las orillas del lago Llanquihue. El Ulmo tiene hojas con un área mínima de 22

cm<sup>2</sup> y una máxima de 34 cm<sup>2</sup>. El Radal, adaptado a alta exposición a la luz, presenta un rango de 22 cm<sup>2</sup> a 34 cm<sup>2</sup>. El Arrayán, por su parte, tiene hojas con un área de 2,5 cm<sup>2</sup> en 4 muestras y una muestra adicional de 3 cm<sup>2</sup>.

Los cambios en el área de las hojas según la exposición a la luz muestran patrones distintivos entre las especies. El Ulmo tiene hojas más grandes con menor luz, alcanzando hasta 48 cm<sup>2</sup> en sombra, mientras que en luz directa el máximo es de 34 cm<sup>2</sup>. El Radal presenta una diferencia más marcada, con hojas de hasta 95 cm<sup>2</sup> en sombra y solo 42 cm<sup>2</sup> bajo luz directa. Aunque las hojas del Arrayán son más pequeñas, también siguen esta tendencia: la hoja más grande en sombra mide 6 cm<sup>2</sup>, mientras que en luz directa es de 3 cm<sup>2</sup>. En resumen, todas las especies muestran que el tamaño de las hojas aumenta con menor exposición a la luz solar y disminuye con mayor exposición.

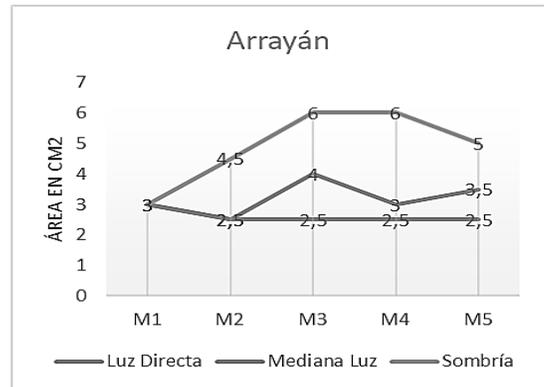
### 3.1 Medición de área en cm<sup>2</sup>

Gráfico 4. Medición de área en cm<sup>2</sup> del Ulmo.



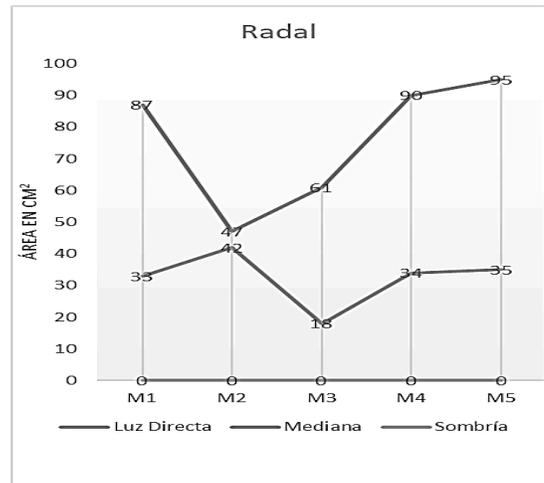
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Medición de área en cm<sup>2</sup> del Arrayán.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Medición de área en cm<sup>2</sup> del Radal.



Fuente: Elaboración propia.

En estos tres gráficos se observa nuevamente la variabilidad en el tamaño de las hojas de las especies arbóreas Radal, Ulmo y Arrayán. Los gráficos ilustran de manera más clara el cambio en el tamaño de las hojas en relación con la exposición a la luz solar. Se evidencia que, a menor luminosidad, el tamaño de las hojas aumenta de manera considerable.

La línea de color AZUL que representa a la "luz directa" en los tres gráficos, se encuentra en la parte inferior. La línea de color NARANJA que indica la "mediana luz",

se sitúa entre las otras dos líneas, mientras que el Radal se posiciona en la parte superior, dado que no se adapta a la sombra como ya se mencionó anteriormente. Finalmente, la línea de color GRIS representa las hojas que están a la “sombria”; en los casos del Ulmo y del Arrayán, donde se logró obtener esta muestra, la línea se ubica en la parte superior del gráfico, lo que confirma que las hojas en sombra tienen un tamaño mayor.

Lo anterior se debe a factores que inciden sobre las hojas, tales como el proceso fotosintético, la influencia de la clorofila y la proteína llamada fitocromo, conceptos que ya han sido aclarados anteriormente.

### 3.3 Gráfico que representa la diferencia porcentual de la hoja más grande y más pequeña de cada especie

Gráfico 6. Diferencia de volumen.



Fuente: Elaboración propia.

Para mayor claridad, en este gráfico se representa la diferencia porcentual en el tamaño de las hojas. En el caso de la primera especie, el Radal, la hoja más grande, que se definirá como el 100%, muestra una diferencia porcentual de 81,10% respecto a la hoja o muestra de menor tamaño que representa un 18,90%. En el caso de la segunda especie, el Ulmo,

la hoja más grande también se define como el 100%, y su diferencia porcentual con la hoja más pequeña es de 60,50%, lo que hace que la hoja de menor tamaño represente el 39,50%. Finalmente, en la tercera especie, el Arrayán, la hoja más grande extraída representa el 100%, y la diferencia con la hoja más pequeña es de 38,40%, por lo que la hoja de menor tamaño representa el 41,60%. Estos datos respaldan la hipótesis planteada de que las hojas expuestas al sol son de menor tamaño en comparación con las hojas que se encuentran a la sombra en estas tres especies, sugiriendo una tendencia general en las especies arbóreas.

## 4. Discusión

Luego de ver los resultados de la investigación, se observó que las hojas ubicadas en la parte alta de un árbol son más pequeñas que aquellas situadas más cerca del suelo. Se comprobó que esta diferencia se debe a una reacción adaptativa de las plantas para optimizar la recepción del sol y economizar la energía que utilizan para la elaboración de su alimento, ya que esto es fundamental para su vida diaria. El tamaño de las hojas es parte de la ontogenética de la especie, o sea, del desarrollo individual de esta, principalmente de su edad y adaptación al entorno. En la investigación, se consideró exclusivamente el entorno de la especie para observar la influencia de la luz en el tamaño de las hojas. Los resultados obtenidos fueron respaldados por la existencia de una proteína llamada fitocromo que regula el tamaño de las hojas en función de la exposición al sol.

Los resultados eran esperados desde la toma de muestras, dado que los árboles, al poseer la forma de un cono, tienden a ser

más frondosos cerca del suelo. Así también, es muy importante la influencia del entorno dentro del tamaño de las hojas, es por ello que se debe analizar el ambiente al cual estaban expuestas las especies de estudio, en este caso, los árboles estaban todos en un clima templado lluvioso, pero todos con una diferente exposición al sol y con distinto entorno, ya que algunos tenían una mayor frondosidad en sus cercanías.

La ontogenética de las especies es un método para entender las razones detrás de la forma de las hojas. En este caso, las tres especies analizadas presentan características diferenciadas. El Radal, por ejemplo, es un árbol que no crece en zonas sombrías y, por lo tanto, no se encuentra en áreas muy frondosas. En contraste, el Arrayán tiene un tronco muy alto que recibe mucha luz solar en la parte superior, por lo que sus hojas están presentes principalmente en esa zona, mientras que en las áreas sombreadas hay menos hojas. Por último, el Ulmo, aunque también es un árbol alto, es muy frondoso debido a la competencia entre sus hojas por captar luz solar, lo que resulta en un crecimiento significativo tanto en la umbría como en la solana.

## 5. Conclusiones

Con los resultados expuestos en esta indagación científica se observa que en el tamaño de las hojas del Ulmo, del Radal y del Arrayán se produjeron cambios significativos dependiendo de su exposición al sol. Las hojas medianamente expuestas y aquellas en sectores sombríos mostraron diferencias de tamaño. A pesar de que la variación en el tamaño no es abismal en todos los casos, se pueden apreciar diferencias notables de volumen, especialmente en el caso del Radal, donde

las hojas pueden superar el 50% de diferencia. Sin embargo, es importante aclarar que la naturaleza no es uniforme, y los resultados presentados no pretenden definir las características de los árboles como inamovibles, sino que ilustran cómo estos organismos adaptan sus partes en su búsqueda por captar la luz solar.

Como se explicita a lo largo del artículo, la capacidad de sobrevivencia que deben desarrollar las plantas se ve reflejada desde un principio en la altura que adoptan sus tallos para conseguir la luz solar con el fin de poder llevar a cabo los procesos necesarios para sobrevivir. Donde sin duda las hojas y las constantes transformaciones que le son necesarias para la captación de luz se vuelven protagonistas.

Frente a lo anterior es inevitable el pensar que estos procesos de adaptación deberían tener repercusiones más allá de la supervivencia específica del organismo, y en efecto, esto es cierto, ya que el tamaño de las hojas de los árboles puede significar un factor clave dentro de un espacio, produciendo cambios de temperatura en el terreno donde los árboles sean de gran altura, ya que, estos impedirían que los rayos del sol pudieran afectar directamente a los otros organismos y a la tierra o incluso creando microclimas, pues, significa una diversificación de flora y fauna que influiría de forma directa en la biodiversidad.

Otro ámbito en el que el tamaño de las hojas puede ser un factor relevante es en la prolongación del ciclo del agua en lugares donde las hojas están dentro de un sector sombrío. En estos casos, las hojas tienden a ser más grandes lo que implica que durante las precipitaciones, las gotas de agua no llegarían de forma directa al suelo. Las hojas funcionan como un manto protector, ralentizando la erosión del suelo y

manteniendo el territorio fresco, ya que, el agua se distribuiría primero a través de las hojas antes de llegar al suelo.

Finalmente queda a la vista que el tamaño de las hojas es sin duda un factor importante no solo para la planta, sino que también para todo un ecosistema, por lo que, el estudio de éstas se convierte en algo sumamente necesario para la protección y conservación de la biodiversidad.

## 6. Bibliografía

- Ferreira, R., Selles, G., Maldonado, P., & Gil, P. (2007). Efecto del clima, de las características de la hoja y de la metodología de medición en el potencial hídrico xilemático en palto (*Persea americana* Mill.). *Agricultura técnica*, 67(2), 182-188.
- García Berguecio, N., & Ormazabal Pabloti, C. (2008). Árboles nativos de Chile.
- Puntieri, J. G., Damascos, M. A., & Souza, M. S. (2001). Tendencias ontogenéticas en el tamaño y la forma de las hojas de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser (Fagaceae). *Ecología austral*, 11(2), 105-114.