

Lina, Bea y Simo  
en  
**EXPLORANDO LOS BOSQUES EN  
MINIATURA**  
CON  
**KALCHAKURA**



Primera edición, Chile, Noviembre de 2020

La creación de este libro fue financiada por el proyecto FONDECYT 1181510, adjudicado al Laboratorio de Ecología Microbiana de la Universidad de Chile (LEMi-UCh).



Fondecyt  
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico



LEMi UChile  
LAB. ECOLOGÍA MICROBIANA



UNIVERSIDAD DE CHILE

Guión, diseño de páginas, ilustraciones y portadas por Francisca Zavala Muñoz (@franichthys), con la colaboración del equipo del Laboratorio de Ecología Microbiana (@LEMi-UCh): Julieta Orlando, Margarita Carú Marambio, Katerin Almendras Neira, María José Dibán Karmy, Mitza González Rojas, Matías Pezoa Maldonado, Daniel Salinas González, Constanza Soto Silva y Karla Veas-Mattheos.

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra, siempre y cuando sea con fines educativos.

Queda prohibida la comercialización o venta de esta obra.

franichthys@gmail.com, jorlando@uchile.cl

Dedicado, con amor, a la memoria de  
Angélica Masini Trisolini, "Welila".  
Tu ejemplo de amor y respeto por la naturaleza es el legado  
que tus nietas y nieto siempre llevaremos en el corazón.

- Francisca

"Con sus palabras nos enseñó el camino, pero fueron sus  
pasos los que nos inspiraron a recorrerlo". Con cariño y  
admiración para nuestra mentora y amiga, Margarita Carú.

- Equipo LEMi\_UCh

# Guía de colores

¡Colorea siguiendo los números en las ilustraciones!

① Verde 

② Amarillo 

③ Naranja 

④ Rojo 

## ¿Sabías qué?

Los nombres de los protagonistas de esta aventura tienen un significado muy especial:

Lina recibe su nombre en homenaje a la destacada bióloga estadounidense Lynn Margulis (1938-2011), quien realizó grandes aportes en el campo de la evolución biológica y las interacciones simbióticas. Es ampliamente reconocida por el desarrollo de la teoría de la endosimbiosis seriada, que describe el origen de las células eucariotas como consecuencia de sucesivas relaciones simbióticas que llegaron a ser estables en el tiempo.



Bea recibe su nombre en homenaje a la talentosa micóloga e ilustradora inglesa Beatrix Potter (1866-1943), quien es reconocida por ser una de las primeras personas en describir a los líquenes como formas de vida simbióticas y contribuyó a la descripción de muchos hongos, pero su trabajo no fue reconocido por la comunidad científica de la época. Sin embargo, cien años más tarde la sociedad científica se disculpó y reconoció su importante aporte.



Simo recibe su nombre en homenaje al gran botánico y liquenólogo suizo Simon Schwendener (1829-1919), quien fue el primer científico en demostrar que los líquenes no eran plantas, sino la asociación entre dos organismos, un hongo y un alga, la cual posteriormente se definió como simbiosis. Gracias a su descubrimiento se abrió un campo de nuevas investigaciones que se mantiene incluso hasta el presente.



Kalchakura recibe su nombre de la palabra en Mapudungún que significa "pelo o barba de la roca" (kalcha = "pelos" y kura = "roca"), la cual hace alusión a un tipo particular de líquenes que crecen adheridos a las piedras formando manchas de diferentes colores. En la cultura mapuche han sido utilizados para extraer tintes naturales para teñir las fibras, y además son utilizados en la medicina herbolaria gracias a sus propiedades curativas.





EN ALGÚN LUGAR DEL SUR DE CHILE...

MIRA LINA, ¡QUÉ LINDO EL BOSQUE!

MMM, Y ESE OLORCITO A MADERA MOJADA ¡QUÉ RICO!

¡LLEGAMOS!



¡BIENVENIDOS! ¿CÓMO SE LLAMAN?

YO SOY LINA!

YO ME LLAMO SIMÓN, PERO ME DICEN SIMO

¡HOLA! ME LLAMO BEA

¡MUY BIEN! YO SOY SARA, LA GUARDAPARQUES, PASEN A LA CABINA A REGISTRARSE POR FAVOR

CABINA GUARDA-PARQUES



EN LA CABINA...

GUIDEMOS LA FLORA Y FAUNA, NO TRAIGAS MASCOTAS

SENDEROS

¿TIENEN ALGÚN SENDERO APTO PARA SILLA DE RUEDAS?

TENEMOS UN SENDERO ACCESIBLE, TIPO ARBORETUM, QUE PODRÁS RECORRER SIN PROBLEMAS

¡MAMÁ! ¿PODEMOS IR A ESE SENDERO LOS TRES?



¿ES SEGURO QUE VAYAN LOS TRES SOLOS?

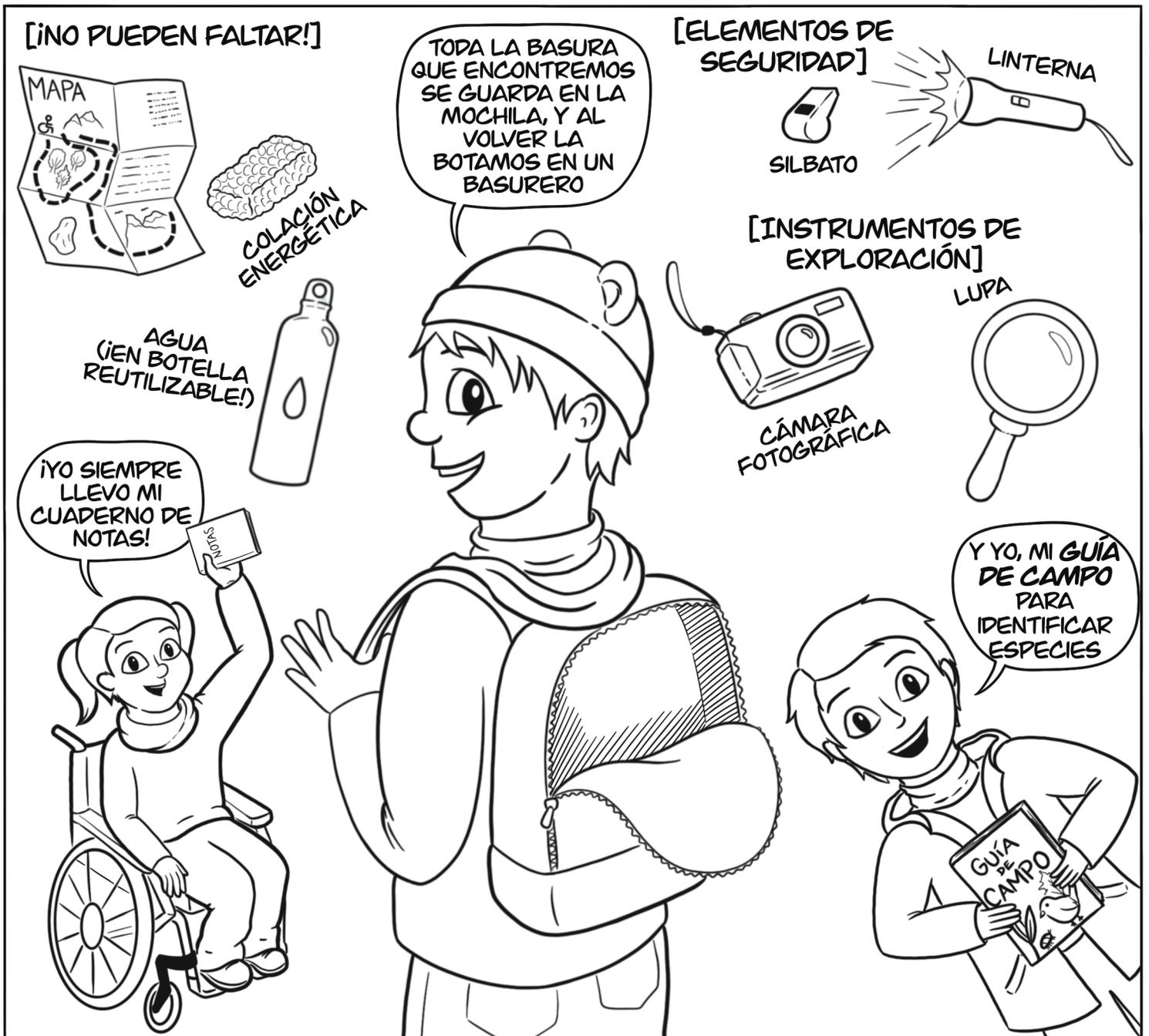
SÍ, EL SENDERO NO TOMA MÁS DE MEDIA HORA, ESTÁ BIEN DELIMITADO Y CERCA DEL ÁREA DE CAMPING

PODRÍAN RECORRERLO MIENTRAS NOSOTROS ARMAMOS EL CAMPAMENTO



¡MUY BIEN JÓVENES! ANTES DE QUE PARTAN A SU AVENTURA, NECESITO QUE RECUERDEN MUY BIEN ESTAS INDICACIONES DE SEGURIDAD

¡YÁ!





LOS BOSQUES DE NOTHOFAGUS SON ÚNICOS EN EL MUNDO Y PREDOMINANTES EN EL SUR DE CHILE. ¡PUEDES IDENTIFICAR SUS ESPECIES POR LA FORMA DE SUS HOJAS!

**COIHUE**  
SUS HOJAS SON GRUESAS Y PERENNES, ES DECIR, SON VERDES DURANTE TODO EL AÑO Y NO SE CAEN

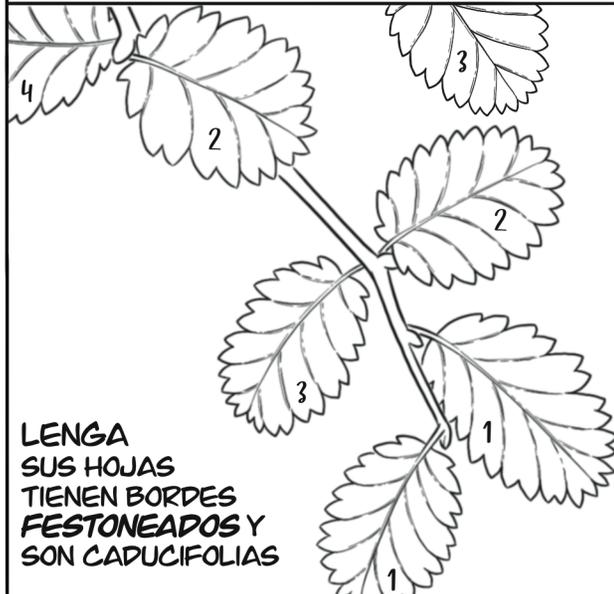


**ÑIRRE**  
SUS HOJAS TIENEN BORDES DENTADOS Y SON CADUCIFOLIAS, OSEA, CAMBIAN DE COLOR VERDE A TONOS ROJIZOS, Y CAEN DURANTE EL OTOÑO



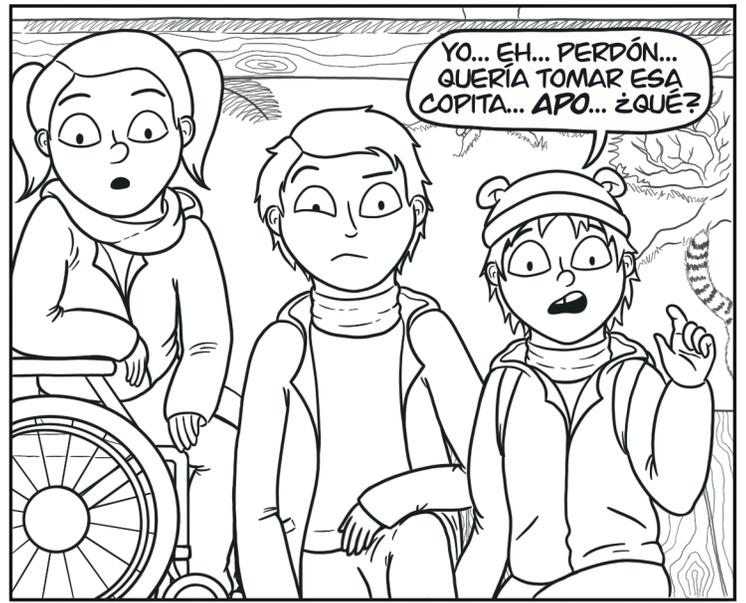
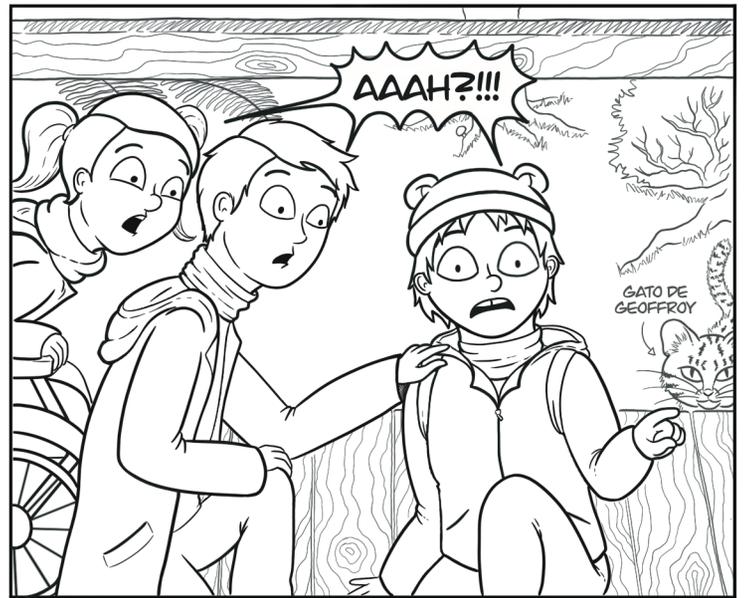
SE PRESUME QUE LOS PRIMEROS ÁRBOLES DE ESTE TIPO APARECIERON EN LA ANTÁRTICA, CUANDO ESTA ERA AÚN UN LUGAR CÁLIDO, PARA LUEGO LLEGAR A MUCHAS ZONAS DEL HEMISFERIO SUR

SE HAN ENCONTRADO FÓSILES DE SUS HOJAS, DE HASTA ¡~80 MILLONES DE AÑOS DE ANTIGÜEDAD!



**LENGA**  
SUS HOJAS TIENEN BORDES FESTONEADOS Y SON CADUCIFOLIAS







¡GUAAU! ¡DE VERDAD PARECES UN BOSQUE EN MINIATURA!

SOY HERMOSÍ ¿CIERTO?

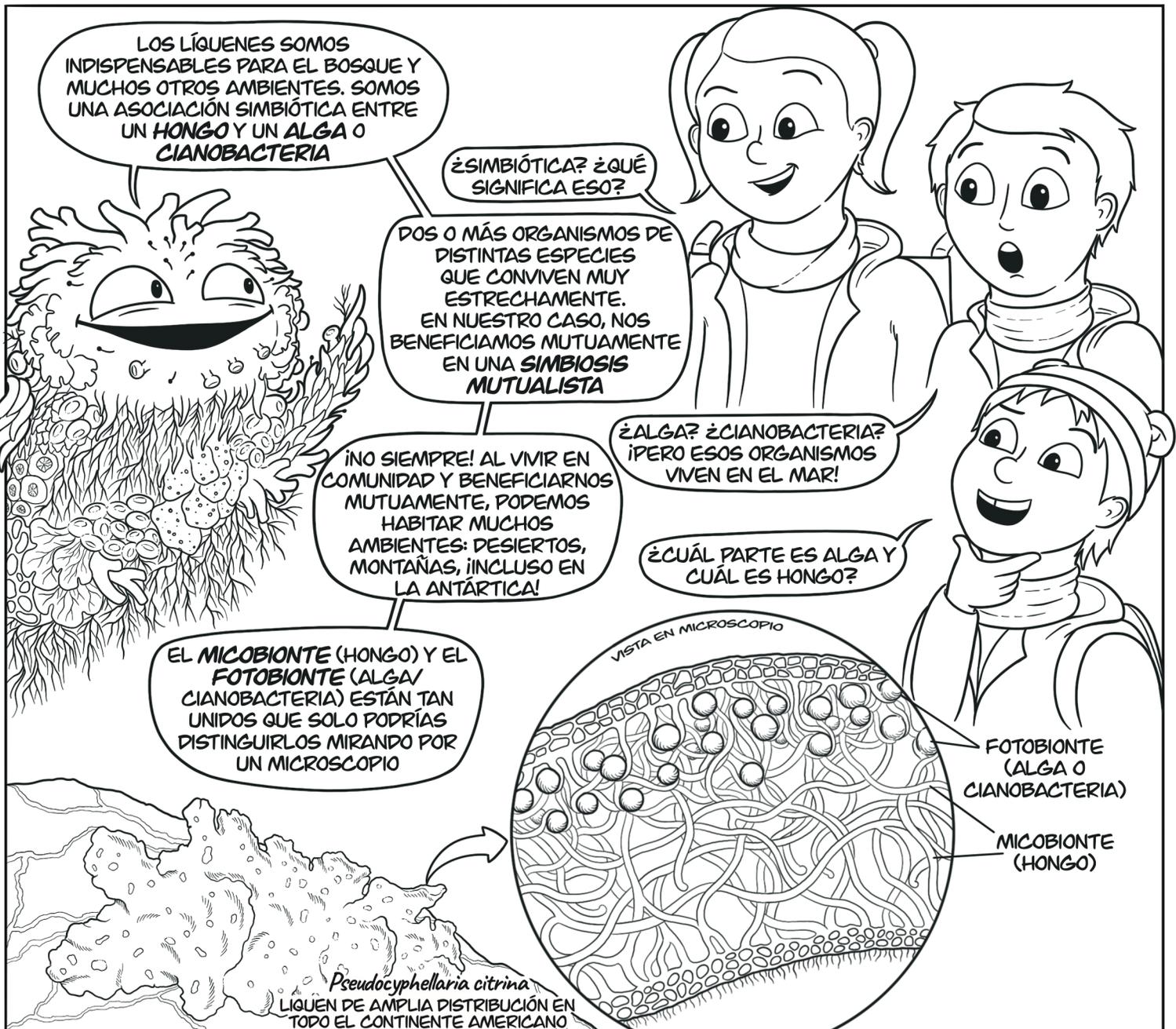
ES COMO SI ESTUVIESES HECHO DE MUCHAS PLANTITAS

KALCHAKURA, ¿QUÉ ERES?



NO SOY UNA PLANTITA... ¡SOY UN LIQUEN!

¡¿UN QUÉ?!



LOS LÍQUENES SOMOS INDISPENSABLES PARA EL BOSQUE Y MUCHOS OTROS AMBIENTES. SOMOS UNA ASOCIACIÓN SIMBIÓTICA ENTRE UN HONGO Y UN ALGA O CIANOBACTERIA

¿SIMBIÓTICA? ¿QUÉ SIGNIFICA ES?

DOS O MÁS ORGANISMOS DE DISTINTAS ESPECIES QUE CONVIVEN MUY ESTRECHAMENTE. EN NUESTRO CASO, NOS BENEFICIAMOS MUTUAMENTE EN UNA SIMBIOSIS MUTUALISTA

¡NO SIEMPRE! AL VIVIR EN COMUNIDAD Y BENEFICIARNOS MUTUAMENTE, PODEMOS HABITAR MUCHOS AMBIENTES: DESIERTOS, MONTAÑAS, ¡INCLUSO EN LA ANTÁRTICA!

¿ALGA? ¿CIANOBACTERIA? ¡PERO ESOS ORGANISMOS VIVEN EN EL MAR!

¿CUÁL PARTE ES ALGA Y CUÁL ES HONGO?

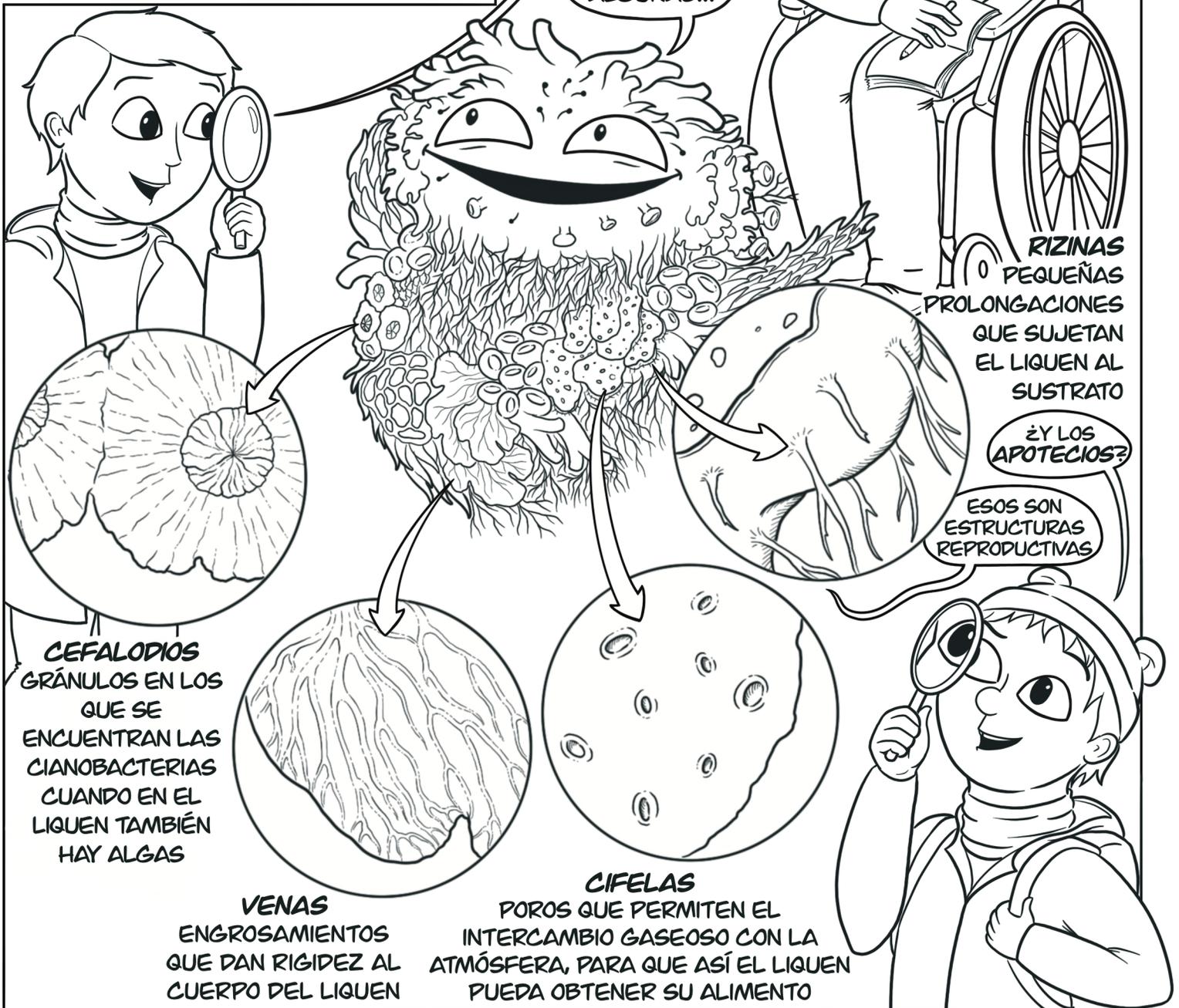
EL MICOBIONTE (HONGO) Y EL FOTOBIONTE (ALGA/ CIANOBACTERIA) ESTÁN TAN UNIDOS QUE SOLO PODRÍAS DISTINGUIRLOS MIRANDO POR UN MICROSCOPIO

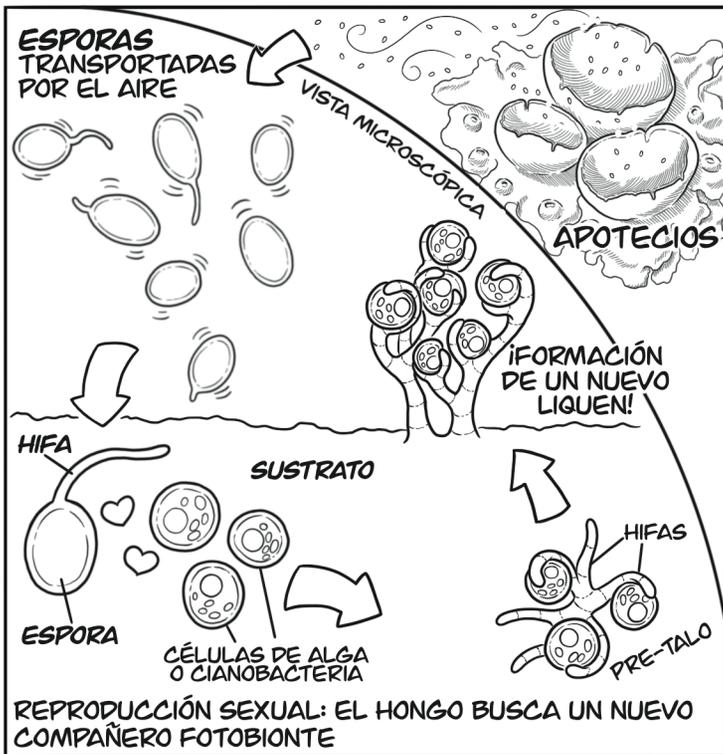
VISTA EN MICROSCOPIO

FOTOBIONTE (ALGA O CIANOBACTERIA)

MICOBIONTE (HONGO)

*Pseudocyphellaria citrina*  
LIQUEN DE AMPLIA DISTRIBUCIÓN EN TODO EL CONTINENTE AMERICANO







AGUA

CO<sub>2</sub>

LUZ SOLAR

O<sub>2</sub>

EL MICROBIONTE (HONGO) FORMA EL TALO O "CUERPO" PARA QUE EL FOTOBIONTE (ALGA/CIANOBACTERIA) HAGA FOTOSÍNTESIS, ASÍ AMBOS SE BENEFICIAN DE ESTA ASOCIACIÓN

*Nephroma antarcticum*  
LIQUEN ENDÉMICO DEL SUR DE SUDAMÉRICA

¿QUÉ ES UNA FOTOSÍNTESIS?

ALGAS, CIANOBACTERIAS, PLANTAS, Y TOPOS LOS ORGANISMOS QUE REALIZAN FOTOSÍNTESIS, OBTIENEN SU ENERGÍA DE LA LUZ SOLAR, EN UNA REACCIÓN QUÍMICA QUE UTILIZA AGUA Y ALGUNOS GASES PRESENTES EN LA ATMÓSFERA PARA FABRICAR SU PROPIO ALIMENTO

LOS PRODUCTOS FINALES DE ESTA REACCIÓN SON NUTRIENTES QUE LOS FOTOBIONTES CONSTRUYEN CON AYUDA DE LA LUZ SOLAR

AGUA

CO<sub>2</sub>

N<sub>2</sub>

LUZ SOLAR

ALGAS

HONGO

CIANOBACTERIAS

NUTRIENTES

O<sub>2</sub>

O<sub>2</sub>

O<sub>2</sub>

O<sub>2</sub>

LAS CIANOBACTERIAS, ADEMÁS, TRANSFORMAN EL NITRÓGENO DE LA ATMÓSFERA EN NUTRIENTES ÚTILES PARA OTROS SERES VIVOS

PARTE DE ESOS NUTRIENTES PASAN AL SUSTRATO, HACIÉNDOLO MÁS RICO Y MÁS FÉRTIL

¿O SEA, ¡TODOS SE AYUDAN ENTRE SÍ DE ALGUNA FORMA EN EL BOSQUE!

TODOS HACEMOS NUESTRA PARTE EN UN ECOSISTEMA. SI ALGÚN COMPONENTE FALTA, ¡NO FUNCIONA!

¿Y QUÉ PASA CUANDO LOS LIQUENES CRECEN SOBRE ROCA?... ¿ENRIQUECEN LA ROCA?

MONITO DEL MONTE

VOLCÁN INACTIVO

ROCA VOLCÁNICA

EN ESE CASO, PUEDE PASAR OTRO PROCESO INTERESANTE

EN ROCAS DE ORIGEN VOLCÁNICO, POR EJEMPLO, LAS HIFAS DEL LIQUEN PUEDEN METERSE ENTRE GRIETAS Y COMENZAR A ROMPERLAS MUUY DE A POCO. ESTE PROCESO SE CONOCE COMO METEORIZACIÓN

PROPÁGULOS VEGETATIVOS

ROCA VOLCÁNICA

AÑOS

LIQUEN ADULTO

+ AÑOS

NUTRIENTES

NUTRIENTES

++ AÑOS

¿Y LOS LIQUENES PUEDEN HACER ESO EN LA CIUDAD?

CON EL PASO DE MUCHOS, MUUUCHOS AÑOS, LOS LIQUENES PUEDEN CONTRIBUIR A FRAGMENTAR Y ENRIQUECER EL SUSTRATO, DANDO ORIGEN A UN SUELO FÉRTIL QUE PERMITE EL DESARROLLO DE BOSQUES ¡COMO ESTE!

LAMENTABLEMENTE, LINA, NO MUCHOS LÍQUENES SOBREVIVIMOS EN LAS CIUDADES, PRODUCTO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



DE HECHO, NUESTRA PRESENCIA ES UN BIOINDICADOR DE CIELOS LIMPIOS

KALCHAKURA, ¿HAY OTRAS COSAS QUE LE HAGAN MAL A LOS LÍQUENES?

YO TAMBIÉN QUIERO SABER PARA PODER CUIDARTE

TRISTEMENTE SÍ, AMIGOS...



LA TALA INDISCRIMINADA DE BOSQUES DESTRUYE NUESTRO HOGAR...



ESTO ESTÁ DEMASIADO ORDENADO PARA SER BOSQUE

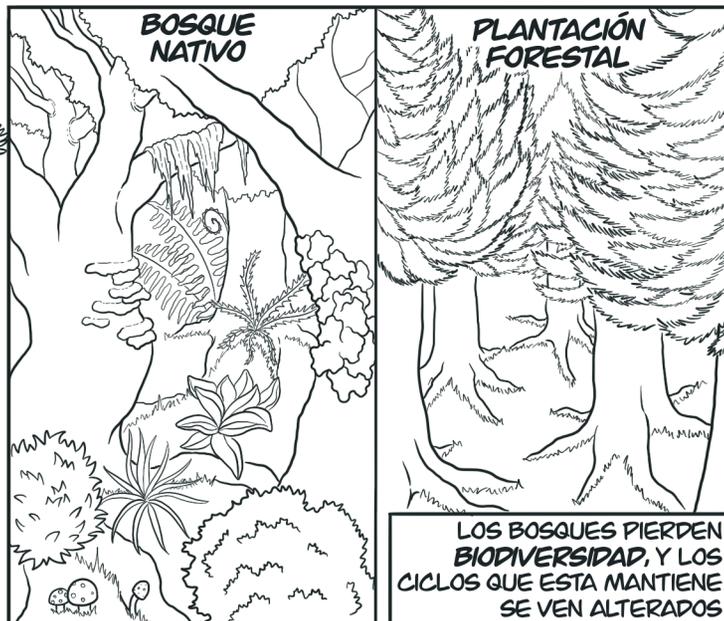
CARANCHO O TRARO



Y LA REPOBLACIÓN CON ÁRBOLES QUE NO SON NATIVOS, PERO QUE CRECEN RÁPIDO, HA RESULTADO EN LA PÉRDIDA DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS, Y DE MUCHOS SUSTRATOS QUE NOSOTROS UTILIZAMOS PARA CRECER

BOSQUE NATIVO

PLANTACIÓN FORESTAL



LOS BOSQUES PIERDEN BIODIVERSIDAD, Y LOS CICLOS QUE ESTA MANTIENE SE VEN ALTERADOS



# \* GLOSARIO \*

por Bea



-**ALGAS:** ORGANISMOS ESTRECHAMENTE RELACIONADOS CON LAS PLANTAS TERRESTRES. CASI SIEMPRE VIVEN EN UN MEDIO ACUÁTICO, PERO ALGUNAS COLONIZAN SITIOS TERRESTRES (POR EJEMPLO, LAS ALGAS VERDES QUE SON FOTOBIONTES DE LA MAYORÍA DE LOS LÍQUENES).

-**APOTECIO:** ESTRUCTURA DE REPRODUCCIÓN DE LOS HONGOS EN FORMA DE COPA QUE CONTIENE LAS ESPORAS SEXUALES DE ESTOS ORGANISMOS.



-**ÁRBOLES DE HOJAS CADUCIFOLIAS:** SON AQUELLOS QUE SE QUEDAN DESPROVISTOS DE HOJAS DURANTE ALGUNA ÉPOCA DEL AÑO, YA SEA OTOÑO-INVIERNO O DURANTE EL VERANO.

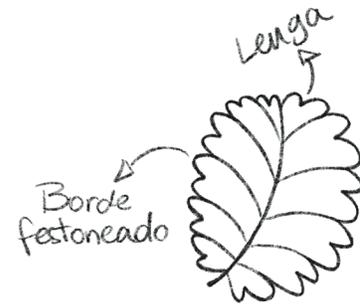
-**ÁRBOLES DE HOJAS PERENNES:** SON AQUELLOS QUE SIEMPRE TIENEN HOJAS, PERO ESTO NO SIGNIFICA QUE SIEMPRE TENGAN LAS MISMAS. A LO LARGO DEL AÑO LAS IRÁN PERDIENDO A MEDIDA QUE SALGAN NUEVAS.



-**ARBORETUM:** COLECCIÓN DE ÁRBOLES VIVOS EN UN ESPACIO REDUCIDO CON FINES CIENTÍFICOS O EDUCATIVOS.

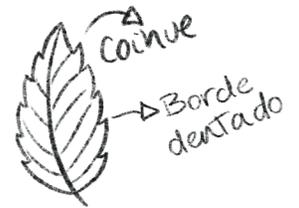
-**BIODIVERSIDAD:** VARIEDAD DE SERES VIVOS EN UN DETERMINADO ECOSISTEMA.

-**BIOINDICADOR:** SER VIVO QUE ENTREGA INFORMACIÓN SOBRE CARACTERÍSTICAS O ALTERACIONES DEL MEDIO AMBIENTE. SUELEN UTILIZARSE PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL.



-**BIPOLAR:** ORGANISMO QUE PRESENTA UNA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA SÓLO EN ALTAS LATITUDES, ES DECIR, CERCANA AL POLO NORTE Y AL POLO SUR.

-**BORDE DENTADO:** MARGEN DE LAS HOJAS QUE TIENE DIENTES LIGERAMENTE PUNTIAGUDOS.

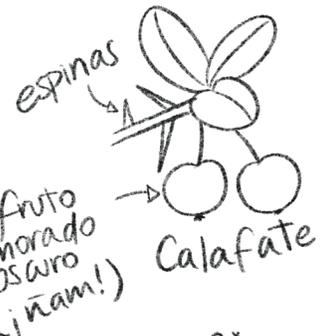


-**BORDE FESTONEADO (CRENADO):** MARGEN DE LAS HOJAS QUE TIENE DIENTES SUAVEMENTE REDONDEADOS.

-**BOSQUE NATIVO:** ECOSISTEMA NATURAL DONDE LA VEGETACIÓN PREDOMINANTE LA CONSTITUYEN ÁRBOLES PROPIOS DE LA ZONA.

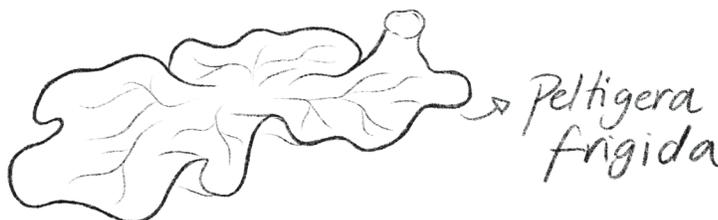
-**CEFALODIOS:** GRÁNULOS EN LOS QUE SE ENCUENTRAN LAS CIANOBACTERIAS CUANDO EN EL MISMO LIQUEN, EL HONGO SE ASOCIA CON ALGAS Y CIANOBACTERIAS.

-**CIANOBACTERIAS:** GRUPO DE BACTERIAS CAPACES DE REALIZAR FOTOSÍNTESIS CON PRODUCCIÓN DE OXÍGENO. MUCHAS DE ELLAS TAMBIÉN PUEDEN FIJAR NITRÓGENO.



-**CIFELAS:** POROS QUE PERMITEN EL INTERCAMBIO DE GASES CON LA ATMÓSFERA PARA QUE EL LIQUEN OBTenga ALGUNOS DE SUS NUTRIENTES.

-**CORTÍCOLA:** LIQUEN QUE UTILIZA COMO SUSTRATO LA CORTEZA DE ÁRBOLES O ARBUSTOS.



-**COSMOPOLITA:** ORGANISMO QUE PRESENTA UNA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA QUE PUEDE CONSIDERARSE GLOBAL.

-**CRUSTOSO:** FORMA DE CRECIMIENTO DE LOS LÍQUENES QUE SE ASEMEJA A UNA COSTRA.

-**ECOSISTEMA:** CONJUNTO DE SERES VIVOS, SUS INTERACCIONES Y EL MEDIOAMBIENTE QUE LOS RODEA.

-**ENDÉMICO:** ORGANISMO QUE PRESENTA UNA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA REDUCIDA Y QUE NO SE ENCUENTRA EN NINGUNA OTRA PARTE DEL MUNDO DE FORMA NATURAL.

-**ESCAMOSO:** FORMA DE CRECIMIENTO DE LOS LÍQUENES QUE SE ASEMEJA A ESCAMAS.

-**ESPORAS:** ESTRUCTURAS MICROSCÓPICAS CON FUNCIONES DE DISPERSIÓN Y REPRODUCCIÓN. A PARTIR DE ELLAS SE ORIGINA UN NUEVO ORGANISMO.

-**FOLIOSO:** FORMA DE CRECIMIENTO DE LOS LÍQUENES QUE SE ASEMEJA A HOJAS.

-**FOTOBIONTE:** NOMBRE QUE RECIBE UN ORGANISMO CAPAZ DE REALIZAR FOTOSÍNTESIS CUANDO SE ENCUENTRA EN SIMBIOSIS.

-**FOTOSÍNTESIS:** PROCESO METABÓLICO, DEPENDIENTE DE LA ENERGÍA LUMINOSA, QUE CONVIERTE SUSTANCIAS INORGÁNICAS (DIÓXIDO DE CARBONO Y AGUA) EN SUSTANCIAS ORGÁNICAS (HIDRATOS DE CARBONO).

-**FRUTICOSO:** FORMA DE CRECIMIENTO DE LOS LÍQUENES QUE SE ASEMEJA A PEQUEÑOS ARBUSTOS.

-**GUÍA DE CAMPO:** LIBRO O FOLLETO DISEÑADO PARA AYUDAR A IDENTIFICAR COMPONENTES DE LA VIDA SILVESTRE (GENERALMENTE PLANTAS Y ANIMALES) U OTROS ELEMENTOS DE LA NATURALEZA.

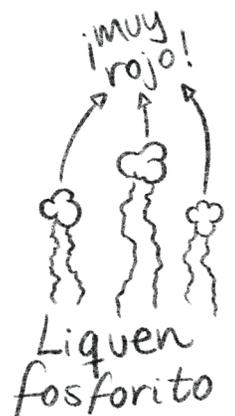
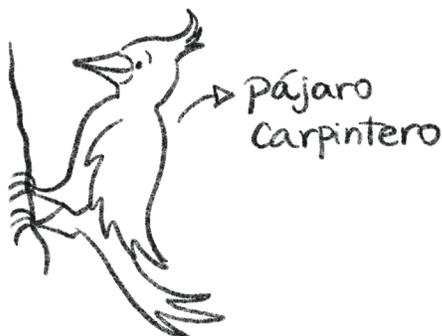
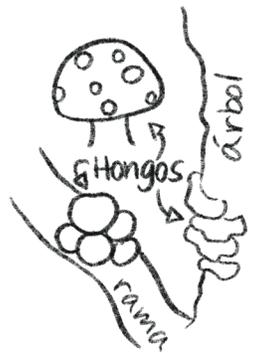
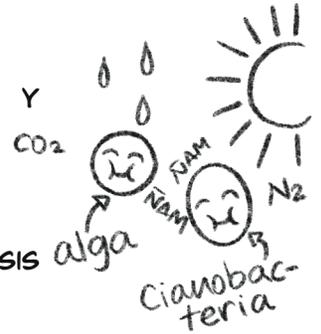
-**HIFAS:** FILAMENTOS MICROSCÓPICOS QUE FORMAN UNA RED QUE SE CONOCE COMO EL MICELIO O CUERPO DE LOS HONGOS.

-**HONGOS:** ORGANISMOS UNICELULARES O PLURICELULARES MUY DIVERSOS QUE FORMAN PARTE DEL REINO FUNGI. SE ALIMENTAN DE SUSTANCIAS ORGÁNICAS, SE REPRODUCEN POR MEDIO DE ESPORAS Y SUS CÉLULAS POSEEN UNA PARED QUE CONTIENE QUITINA.

-**LIGNÍCOLA:** LIQUEN QUE UTILIZA COMO SUSTRATO MADERA EN DESCOMPOSICIÓN.

-**LIQUEN:** ASOCIACIÓN SIMBIÓTICA ENTRE UN HONGO, AL MENOS UN ORGANISMO FOTOSINTÉTICO (ALGA O CIANOBACTERIA) Y UN NÚMERO INDETERMINADO DE OTROS MICROORGANISMOS, DONDE CADA INDIVIDUO CUMPLE UNA FUNCIÓN ESPECÍFICA, CREÁNDOSE UNA RED DE INTERACCIONES BIOLÓGICAS ENTRE ELLOS.

-**METEORIZACIÓN:** CONJUNTO DE PROCESOS QUE PROVOCAN LA ALTERACIÓN Y DESINTEGRACIÓN DE LAS ROCAS.



-**MICOBIONTE**: NOMBRE QUE RECIBE UN HONGO CUANDO SE ENCUENTRA EN SIMBIOSIS.

-**NOTHOFAGUS**: GÉNERO DE ÁRBOLES QUE DOMINAN LOS BOSQUES NATIVOS CHILENOS.

-**PLANTACIÓN FORESTAL**: ECOSISTEMA DONDE LA VEGETACIÓN SE ORIGINA POR EL CULTIVO, POR PARTE DEL SER HUMANO, DE UNA O MÁS ESPECIES DE ÁRBOLES (EN MUCHOS CASOS EXÓTICAS) EN UN DETERMINADO AMBIENTE.

-**RIZINAS**: PEQUEÑAS PROLONGACIONES QUE VARIOS LÍQUENES USAN PARA SUJETARSE AL SUSTRATO.

-**SAXÍCOLA**: LIQUEN QUE UTILIZA COMO SUSTRATO ROCAS.

-**SIMBIOSIS MUTUALISTA**: RELACIÓN ESTRECHA Y PERMANENTE ENTRE DOS O MÁS INDIVIDUOS DE ESPECIES DISTINTAS QUE SE BENEFICIAN MUTUAMENTE.

-**SUSTRATO**: SUPERFICIE QUE UTILIZAN LOS LÍQUENES PARA FIJARSE Y CRECER.

-**TALO**: CUERPO DE LOS LÍQUENES FORMADO POR HIFAS ENTRELAZADAS DEL MICOBIONTE QUE RODEAN Y PROTEGEN AL FOTOBIONTE.

-**TERRÍCOLA**: LIQUEN QUE UTILIZA COMO SUSTRATO EL SUELO.

-**VENAS**: ENGROSAMIENTOS DE LOS TALOS LIQUÉNICOS FOLIOSOS, QUE DAN RIGIDEZ AL CUERPO DEL LIQUEN (SEMEJANTE A LAS NERVADURAS EN LAS HOJAS).





UNIVERSIDAD  
DE CHILE



**Fondecyt**  
Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico

Gobierno de Chile