ANEXOS

6.1 MARCO TEÓRICO

6.1.1 Líquenes

Son organismos que se conformas por asociaciones simbióticas, generalmente se dan entre ascomicetes, algas, cianobacterias y levaduras, donde el fotobionte provee nutrientes y el micobionte los resguarda del exterior (Osorio *et al*., 2017)**.** Los líquenes con su gran capacidad de adaptación, les permite colonizar una amplia variedad de entornos, desde rocas hasta superficies metálicas (Rodríguez & Pérez, 2003)

6.2 Utilidades de los líquenes

6.2.1 Usos medicinales

En este campo los líquenes se utilizaron por primera vez con fines medicinales, esto debido a que se los utilizaba como remedios medicinales, así como la especie *Lobaria pulmonaria,* esta se la empleaba para tratar enfermedades relacionadas con los pulmones, y *Xanthoria parietina* que se utilizaba para curar la ictericia, debido a su coloración amarillenta (López, 2020)**.** Los usos medicinales de los incluyen su eficacia en el tratamiento de gripes, resfriados, hemorragias y hematomas, así como antibióticos y antivirales debido a compuestos de líquenes como ácido úsnico (Cardona & Puy, 2016). El ácido úsnico se utiliza como ungüento para heridas y quemaduras porque es más eficaz que la penicilina (Barrales *et al*., 2017).

6.2.2 Uso industrial

En este campo los líquenes son utilizados para realizar cosméticos y perfumería, las especies más utilizadas son *Paeudevernia furfurácea* y *Evernia prunastri,* debido a que estas especies poseen la propiedad de fijar las esencias, además se utilizan líquenes del género *Roccella* para la realización de tintes naturales (López, 2020). El uso de estos para la elaboración de decoraciones y combustibles (Bautista, 2017).

6.2.3 Uso alimenticio

En este campo los líquenes como *Cladonia raginfera, Cladonia alprestis y Cladonia arbusula* han sido utiliados como alimento de animales domésticos, como los son renos y caribúes (López, 2020). Además, forman parte de la alimento y refugio de lombrices, insectos, arácnidos y moluscos (Coutiño & Montañez, 2000). En el caso de los humanos, el consumo de líquenes varia significativamente dependiendo del tipo de liquen que se consume y de la zona geográfica donde se realiza el consumo, además de usarlos para prepararse harinas, saborizantes, fuente de azúcares y bebidas alcohólicas (Morales *et al*., 2009).

6.2.4 Uso como bioindicadores

En diversos países se utilizan líquenes para investigar ciertos efectos ocasionados por la contaminación de gases y metales, en la actualidad se les considera bioindicadores, debido a que no disponen de una membrana protectora y pueden absorber nutrientes y contaminantes

a través de gran parte de su superficie (Barrales *et al*., 2017). Se han hallado estudios que demuestran que algunos líquenes presentan una alta susceptibilidad a ciertos contaminantes atmosféricos, además se ha demostrado que algunos pueden ser considerados indicadores del nivel de metales radioactivos (Coutiño & Montañez, 2000). Los líquenes con mayor capacidad para determinar la calidad de aire son los epífitos, aquellos que se encuentran adheridos a la corteza de los árboles (Canseco *et al*., 2006).

6.3 Formas de crecimiento

6.3.1 Gelatinosos

Los líquenes con esta forma de crecimiento suelen ser de colore pardo oscuro a negro, pueden resultar hinchados y pulposos cuando estos se humedecen, pero rígidos y frágiles cuando se encuentran secos (Rodríguez & Pérez, 2003). La presencia de hinchamiento en estos líquenes cuando se humedecen, se debe a la matriz gelatinosa que caracteriza el alga (Cardona & Puy, 2016). La mayoría de los líquenes pertenecientes a este grupo tienen una capa cortical superior e inferior muy delgada (Morales *et al*., 2009).

6.3.2 Fruticulosos

Se encuentran conformados por filamentos cilíndricos, aplanados de forma más o menos ramificada, que son similares a pequeños arbustos (López, 2020). Siempre surgen del sustrato al que están sujetos, poseen lóbulos que se estrechan y alargan profundamente, estos pueden ser colgantes, erectos, ascendentes, resupinados o reptantes (Rodríguez & Pérez, 2003)**.** Al poseer estos lóbulos en su morfología reciben el nombre de lacinas (Cardona & Puy, 2016).

6.3.3 Foliosos

Esta forma de crecimiento en líquenes comprende formas laminares u hojas, las cuales se encuentran generalmente extendidas sobre el sustrato, al cual se adhieren mediante rizinas, discos adhesivos o a su vez ombligos (López, 2020). Además, suelen ser lobulados en los márgenes y son separables del sustrato donde se encuentran (Rodríguez & Pérez, 2003). Poseen una estructura heterómera y una simetría dorsiventral, además comprende líquenes altamente estructurados, estos pueden desarrollarse sobre suelos, corteza de árboles o rocas (Cardona & Puy, 2016; Das & Joshi, 2023).

6.3.4 Crustáceos

Estos líquenes se encuentran tan adheridos al sustrato que resulta difícil extraerlos, su aspecto es parecido al de una costra adherido fuertemente por medio de la médula (López, 2020). Además, carecen de córtex inferior u órganos de sujeción y no pueden separarse del mismo sin ser destruidos (Rodríguez & Pérez, 2003). La mayoría de estos líquenes se encuentran visibles sobre sustratos como rocas, cortezas y suelos desnudos (Carballal *et al*., 2006)**.**

6.3.5 Escuamulosos

Formados por escamas foliáceas más o menos cercanas entre sí, las cuales se encuentran sujetas al sustrato por la parte inferior (López, 2020). Las escuamulas por los que están constituidos son de formas muy variables, además de presentar segmentos dorsiventrales, que tienden a separarse del sustrato por los márgenes. Pueden desarrollar algunas estructuras de sujeción especializadas como los cordones rizinales u ombligo (Rodríguez & Pérez, 2003). Forman lóbulos generalmente pequeños los cuales se asemejan a los de los foliosos en su apariencia y estructura interna (Morales *et al*., 2009).

6.3.6 Dimórficos

Estos suelen tener dos formas, son talos compuestos por dos partes muy distintas, talo primario y talo secundario (Rodríguez & Pérez, 2003). Generalmente esta forma de crecimiento se presenta en las especies que crecen sobre la tierra, rocas, en algunos casos en la corteza de los árboles viejos (Morales *et al*., 2009).

6.4 Clasificación de los líquenes

6.4.1 Cortícolas

Los cuales suelen desarrollarse sobre la corteza de los árboles, por tal razón también se les denomina epífitos, además estos también se encuentran en troncos caídos (Coutiño & Montañez, 2000)**.** En el caso de esa clase de líquenes, la presencia o ausencia de estos, va a depender de la edad, tallas y las características de la corteza de los árboles a los cuales colonizan (Pérez *et al.*, 2008). De igual forma la corteza de los árboles puede influir en la composición de la comunidad liquénica, debido que existen especies las cuales prefieren arboles con cortezas agrietadas y otros que prefieren las lisas (Nunes *et al.,* 2019).

6.4.2 Saxícolas

También llamados rupícolas, los cuales suelen encontrarse sobre las rocas (Coutiño & Montañez, 2000).

6.4.3 Terrícolas

Estos líquenes cuyo sustrato es el suelo (Coutiño & Montañez, 2000). Además, este tipo de líquenes solamente puede colonizar las arenas o rocas sueltas, esto previo al trabajo de ciertos microorganismos como musgos y fanerógamas las cuales ayudan a compactar el suelo (Rodríguez & Pérez, 2003).

6.4.4 Folícolas

Estos líquenes particularmente crecen en las hojas vivas de plantas vasculares, están distribuidos en las regiones tropicales y subtropicales, específicamente en hábitats muy húmedos (Lücking, 2011; Mateus *et al*., 2012).

6.5 Líquenes y el entorno en el que se desarrollan

6.5.1 Bosques Primarios y secundarios

Los líquenes tienen una alta presencia en los bosques montanos tropicales, estos

organismos contribuyen de manera significativa a la diversidad biológica, por lo general existe una mayor diversidad en bosques primarios que en bosques secundarios, debido a la perdida de hábitat (Holz & Gradstein, 2005; Mandl et al., 2010; Wolf, 2005).

6.5.2 Pastizales

La cobertura y riqueza de líquenes con respecto a la forma de crecimiento fruticuloso y crustáceo es mayor en este tipo de hábitat, los pastizales tienen un dosel abierto donde el viento es un factor determinante de la dispersión (Nunes *et al*., 2019).