

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

BIOGEOGRAFÍA DE LÍQUENES EPÍFITOS EN ISLAS DE HÁBITAT DE SAN  
SALVADOR.



TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
CRISTINA PATRICIA VÁSQUEZ MARTÍNEZ.

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, 7 DE SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

BIOGEOGRAFÍA DE LÍQUENES EPÍFITOS EN ISLAS DE HÁBITAT DE SAN  
SALVADOR.



TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
CRISTINA PATRICIA VÁSQUEZ MARTÍNEZ.

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

DOCENTE ASESORA: M.Sc. NOHEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR DE 7 SEPTIEMBRE DE 2018.

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO  
RECTOR

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ  
SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN  
FISCAL GENERAL

LIC. MAURICIO HERNÁN LOBO CÓRDOBA  
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERON  
DIRECTORA DE ESCUELA DE BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, 7 DE SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

BIOGEOGRAFÍA DE LÍQUENES EPIFITOS EN ISLAS DE HÁBITAT DE SAN  
SALVADOR,

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
CRISTINA PATRICIA VÁSQUEZ MARTÍNEZ.

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

TRIBUNAL CALIFICADOR:

M.Sc. NOHEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO

LIC. CARLOS ALBERTO ELÍAS

LIC. CARLOS AUGUSTO SALAZAR

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, 7 DE SEPTIEMBRE DE 2018

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño primeramente a Dios por darme la sabiduría y la entereza de culminar un peldaño más de esta escalera académica, a mis padres por su esfuerzo, paciencia, apoyo incondicional y fe en mi, a mi pareja e hijo por ser mi motor y pilar constantemente, a mis amigos por sus infinitas motivaciones y a mis colegas y amigos *Silvia Margarita López Garay* y *Roberto Wilson Martínez Pinto*, porque aunque ya no están conmigo en este mundo terrenal, se que desde donde estén siguen acompañándome con cariño en este y muchos proyectos de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por respetar mis decisiones, por forjarme un espíritu de superación personal, lucha, independencia y coraje para no perder el rumbo hacia mis metas personales, pese a la adversidad.

A la Universidad de El Salvador por abrirme sus puertas para formarme profesionalmente.

A la escuela de Biología por su formación en el ámbito científico y por todos los conocimientos brindados.

A mi asesora M.Sc. Nohemy Elizabeth Ventura Centeno, por su apoyo incondicional, por su orientación hacia la investigación, por sus constantes motivaciones, por los valiosos conocimientos brindados, por su acompañamiento firme en el desarrollo de este trabajo y por permitirme desenvolverme en la ejecución de este proyecto.

A los Jurados, Lic. Carlos Alberto Elías y Lic. Carlos Augusto Salazar, por su orientación y apoyo desde el inicio hasta el final de este trabajo.

Al Ministerio de Medio Ambiente por otorgarme el permiso para la extracción de muestras líquénicas de los sitios estudiados.

A Lic. Pedro Jesús Quinteros Director del Parque Infantil de Diversiones, a la Arq. Marta Calderón del Ministerio de Turismo de El Salvador y Licda. Marta Quezada Gerente del Parque del Bicentenario, por permitirme llevar a cabo mi investigación en las instituciones que respectivamente administran.

Nuevamente a M.Sc. Nohemy Elizabeth Ventura Centeno por permitirme acceso a los especímenes líquénicos del Herbario de la Universidad de El Salvador (ITIC) y a equipo estereoscopio y microscopio para la identificación de las muestras de líquenes.

A mi padrastro Carlos Montano, a mi pareja Erick Aníbal Blanco Sermeño, a mi prima Claudia Rodríguez, a Marco Morataya, a Guillermo Rugamas, a Geovany Ramos por apoyarme en las jornadas de colecta de muestras.

A mis colegas y amigos Lic. José David Pablo Cea y a Leonardo Gabriel Vides por su apoyo para el análisis estadístico de este trabajo.

A mi colega y amigo Lic. Roberto Wilson Martínez Pinto por la elaboración del mapa de sitios de muestreo.

A mis mejores amigos y colegas Cesiah Rebeca Quintanilla, Silvia Margarita López Garay, Roberto Aguirre, Leonardo Gabriel Vides y José Alexis Flores por sus motivaciones constantes, apoyo incondicional y su fe en mi y este trabajo.

# ÍNDICE

---

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos .....	11
<b>V. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
5.1 Antecedentes .....	12
5.2 La teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson. ....	13
5.3 Generalidades de los líquenes. ....	14
5.3.1 Formas de crecimiento .....	15
5.3.2 Estructuras reproductivas y reproducción.....	16
5.3.3 Ecología.....	20
5.3.4. Los líquenes como bioindicadores.....	21
<b>VI. METODOLOGÍA</b> .....	<b>23</b>
6.2.1 Selección y descripción de los sitios de muestreo. ....	24
6.2.2 Recolección de datos .....	25
6.3 Metodología de laboratorio.....	26
6.1.4 Análisis de datos .....	27
<b>VII.RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
7.1 Composición liquénica de las islas de hábitats en San Salvador. ....	28
8.2 Riqueza, equitatividad y diversidad alfa de líquenes epífitos.....	38



8.3 Diversidad beta de Líquenes epífitos.....	39
8.4 Teoría de Biografía de islas en Líquenes epífitos de San Salvador. ....	42
<b>IX DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
9. 1 Composición liquénica de las islas de hábitat.....	43
9.2 Formas de vida.....	44
9.3 Diversidad alfa y beta.....	44
9. 4 Biogeografía de islas en Líquenes epífitos. ....	46
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>X. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1:</b> Criterios de selección de las islas hábitat y la fuente. ....	24
<b>Tabla 2:</b> Resumen de composición de líquenes epífitos en islas hábitats de San Salvador. ....	29
<b>Tabla 3:</b> Características morfológicas de los géneros liquénicos epífitos de las islas hábitats en San Salvador. ....	33
<b>Tabla 4.</b> Resumen de las características principales de los líquenes epífitos por islas hábitats y fuente.....	38
<b>Tabla 5:</b> Diversidad alfa, equitatividad y dominancia de líquenes epífitos en islas hábitats en San Salvador. ....	39
<b>Tabla 6:</b> Resumen de especies de líquenes para establecer diferencias en las islas hábitats y fuente.....	41
<b>Tabla 7.</b> Diferencia de riqueza según tamaño y distancia de las islas hábitats en San Salvador.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Anatomía interna del talo liquénico. ....	14
<b>Figura 2.</b> Formas de crecimiento de líquenes.....	15
<b>Figura 3.</b> Representación esquemática transversal de los ascomas en líquenes folícolas. ....	16
<b>Figura 4.</b> Representación esquemática de la forma de los peritecios en los líquenes folícolas.....	17
<b>Figura 5.</b> Tipos principales de ascas en los líquenes.....	17
<b>Figura 6.</b> Tipos de ascosporas de líquenes .....	18
<b>Figura 7.</b> Representación esquemática de los conidiomas en líquenes folícolas.	19
<b>Figura 8.</b> Mapa sitios de muestreo: Islas hábitat de San Salvador de acuerdo a la distancia del volcán de San Salvador (La fuente).. ....	23
<b>Figura 9.</b> Esquema del transecto en los sitios de muestreo. ....	25
<b>Figura 10.</b> Esquem,a de cuadrícula sobrepuesta en el forófito para contabilizar coberturas de talo de liquen. ....	25
<b>Figura 11.</b> Toma de datos de circunferencia de forófito en las islas hábitat muestreadas.....	26
<b>Figura 12.</b> Toma de datos de coberturas de talos de líquenes epífitos en las islas hábitat muestradas.....	26
<b>Figura 13.</b> Identificación taxonómica de los talos de líquenes epífitos recolectados en los sitios de muestreo.....	27
<b>Figura 14.</b> Total de forófitos muestreados en islas hábitat en San Salvador .....	28
<b>Figura 15.</b> Ordenes de líquenes epífitos en islas hábitat en San Salvador,2015 ..	30
<b>Figura 16.</b> Familias de líquenes epífitos en islas hábitat en San Salvador,2015...	30
<b>Figura 17.</b> Total de géneros de líquenes epífitos en islas hábitat en San Salvador,2015 .. ..	31
<b>Figura 18.</b> Géneros de líquenes epífitos con mayor representatividad en islas hábitat en San Salvador. Morfología macro y microscópica.....	31
<b>Figura 19</b> Cobertura en cm <sup>2</sup> de los líquenes epífitos sobre el forófito en islas hábitat de San Salvador. ....	32

<b>Figura 20</b> Formas de crecimiento de líquenes epifitos en las islas hábitat de San Salvador.....	36
<b>Figura 21</b> Nuevos registros de géneros y especies de líquenes epifitos para El Salvador .....	37
<b>Figura 22</b> Similitud entre islas hábitats de San Salvador y la fuente, medido a través del índice de similitud de Jaccard .....	40
<b>Figura 23</b> Similitud entre islas hábitats de San Salvador y la fuente, medido a través del índice de similitud de Simpson .....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1:** Clave de líquenes epifitos de San Salvador

## RESUMEN

La investigación se fundamentó en la aplicación de la Teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson (1967) para el estudio de la riqueza de líquenes epífitos en San Salvador. Se seleccionaron cuatro islas hábitats terrestres en San Salvador de acuerdo al tamaño de la isla hábitat y distancia hacia el volcán de San Salvador (El Boquerón).

Se logró determinar que de un total de 117 muestras de talos liquénicos recolectados, se reportan 9 órdenes, 19 familias, 33 géneros y 46 especies identificadas; de las cuales, 16 géneros de líquenes epífitos son nuevos registros para El Salvador.

Los líquenes epífitos con talos crustáceos fueron dominantes, se considera que se debe a la restricción del muestreo y a las condiciones del sotobosque. La mayor biodiversidad ( $H=2.59$ ) se encontró en la isla hábitat Grande-Cerca (Parque del Bicentenario), y la menor ( $H=1.10$ ) en la isla hábitat Grande-lejos (Universidad de El Salvador).

El análisis de diversidad beta mostró bajos valores de similitud entre las islas de hábitat estudiadas y la fuente; y entre las islas de hábitats. Los resultados obtenidos para demostrar la utilidad de la Teoría de Biogeografía de islas y explicar los patrones de diversidad de líquenes epífitos en las islas de hábitats, determinaron que no se encontraron diferencias significativas en la riqueza de líquenes epífitos, ya que no mostraron variación por la interacción entre tamaño ( $f=0.11$ ,  $p>0.05$ ), distancia ( $f=0.22$ ,  $p>0.05$ ); ni en la conjugación tamaño-distancia ( $f=0.26$ ,  $p>0.05$ ), entre las islas hábitats.

**Palabras claves:** Biogeografía de islas, Líquenes epífitos, Asociaciones simbiótica.

## I. INTRODUCCIÓN

La teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson 1967) ha sido una herramienta clave para explicar los patrones de riqueza de especies en islas como accidentes geográficos, pero la utilidad de esta aproximación se ha extendido al estudio de parches de hábitat en ecosistemas fragmentados (Quinn y Harrison 1998; Cook *et al.* 2002; Laurance 2008) y posteriormente su aplicación en la biología de la conservación.

Los líquenes son organismos con formas particulares de vida, complejos por la asociación simbiótica que sus talos representan (Lücking y Kalb 2001), con importancia en los ecosistemas como organismos pioneros de colonización, hasta como indicador biológico de la calidad del aire. Debido al valor ecológico que ellos representan, en los últimos años han adquirido relevancia y se han llevado a cabo estudios con el fin de explicar su comportamiento en la biogeografía de islas, para generar conocimiento que contribuya al tema de la biología de la conservación.

En El Salvador, el estudio de los líquenes se ha dirigido principalmente a la identificación taxonómica de las especies (Standley & Calderón 1925; Nowak & Winkler 1972; Sipman 2001; Sipman 2004) y algunos estudios sobre aspectos de ecología (Bohnke en 2003; Quintanilla *et al.* 2006) poco se ha estudiado sobre aspectos biogeográficos, y menos aún sobre los patrones de diversidad en islas hábitat urbanos. El objetivo de esta investigación es explicar los patrones de diversidad de líquenes epífitos en las islas de hábitat de San Salvador y el volcán de San Salvador a través de la teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson.

## II. JUSTIFICACIÓN

La teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson propuesta en los años 60, establece y explica los factores que afectan la riqueza de las especies de comunidades naturales, determinado por la distancia hacia la fuente y el efecto del tamaño de las islas de hábitat, afectando el índice de extinción en las islas de hábitat y el nivel de inmigración (MacArthur y Wilson 1967).

Posteriormente la teoría se aplicó en el campo de la biología de la conservación, al concebirse la idea de que reservas y parques nacionales forman islas de hábitat dentro de un paisaje alterado por la actividad antropogénica (fragmentación de hábitat), en conjunto con el aporte de las investigaciones realizadas en los años subsiguientes por los ecólogos Wilson y Simberloff en la relación especie-área, generando debates en los planes de conservación y la perspectiva que los países deben adoptar en cuanto al tamaño de las reservas o parques.

Por una parte: la visión de Jared Diamond (Diamond 1969) de que reservas grandes pueden mantener mayor número de especies que varias pequeñas y que las reservas grandes deberían ser la norma en diseño de reservas ecológicas. Y por otro lado las ideas de Daniel Simberloff que consideran que la diversidad de hábitats puede ser más importante que el tamaño de un área en la determinación del número de especies protegidas.

Los líquenes son una asociación simbiótica entre un alga y un hongo, (Lücking y Kalb 2001), con importancia como organismos pioneros de colonización hasta como indicador biológico de la calidad del aire. En los últimos años se ha reconocido su valor ecológico, y se han llevado a cabo estudios tratando de explicar su comportamiento en la biogeografía de islas, para generar conocimiento que contribuya al tema de la biología de la conservación.

En El Salvador los estudios de líquenes se han llevado a cabo después de la primera mitad del siglo XX, según Sipman (2001) el estudio de los líquenes se inicio muy tardío, mucho más tarde que en los países vecinos, como México o Costa Rica. Tan solo 10 trabajos sobre líquenes se han encontrado desde entonces hasta la actualidad, los cuales no han sido continuos, desde el primer reporte encontrado en el

año 1925, posteriormente en los años 1941, seguidamente en el año 1963 y luego hasta el año 1972 y no fue sino, hasta veintinueve años más tarde que Sipman en el 2001 realizó la primera revisión y actualización de la lista de especies de líquenes reportadas para el país. Posteriormente en el 2003, Bohnke realiza aportes en ecología de líquenes epifitos de la familia Parmeleaceae y realiza contribuciones de nuevas especies de líquenes, en el siguiente año, Sipman llevó a cabo su última revisión y actualización de la lista de especies de líquenes, y por último, Quintanilla *et al.* En el 2006 estudiaron a los líquenes como bioindicadores de calidad de aire y Nelsen *et al.* 2012, realiza investigaciones con muestras colectadas en el territorio salvadoreño del genero *Herpothallon*.

Por tanto solo dos de los trabajos realizados en el país acerca de líquenes, hacen aportes de su ecología y los demás han sido enfocados a caracterizaciones de especies y listados de Biodiversidad. De acuerdo a esto, el presente estudio adquiere relevancia al utilizar la teoría de biogeografía de islas, para explicar los patrones de riqueza de especies de líquenes en las islas de hábitat en condiciones de riqueza de forófitos en parques (islas hábitat) de San Salvador, además de contribuir al listado de especies de líquenes reportadas y aspectos biogeográficos para el país.



### III. OBJETIVOS

#### **Objetivo General**

- Aplicar la teoría de biogeografía de islas en líquenes epifitos para explicar los patrones de riqueza de especies de líquenes en las islas de hábitat de San Salvador, El Salvador.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar el grado y tipo de relación entre la distancia hacia la fuente de las islas de hábitat y la riqueza de especies de líquenes epifitos.
- Determinar el grado y tipo de relación entre el tamaño de islas de hábitat y la riqueza de especies de líquenes epifitos.
- Establecer si la conjugación distancia y tamaño de las islas de hábitat están relacionadas con la riqueza de especies de líquenes epifitos.
- Identificar la similitud de especies de líquenes epifitos en las islas de hábitat y la fuente.

## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Antecedentes

Los estudios sobre líquenes en El Salvador son escasos, se encuentran pocos reportes en la literatura, estos se iniciaron a partir de la primera mitad del siglo XX con la primera publicación explícita de flora liquenológica del país, llevada a cabo por Standley & Calderón en 1925 en su listado preliminar de las plantas de El Salvador, en donde reportaron 12 especies de líquenes para el país. Calderon & Standley en 1941 publican su obra denominada: flora salvadoreña, lista preliminar de plantas de El Salvador. En 1963 Reznik & Weberling reportan 28 taxas, tratando solo especies de líquenes conspicuas. Nowak & Winkler en 1972 contribuyen con 41 especies exclusivamente líquenes foliáceos.

En 1997 Lücking realiza una revisión titulada: Estado actual de las investigaciones sobre líquenes folícolas en la región Neotrópica, donde retoma los datos reportados por Nowak & Winkler en los años 70"s.

Posteriormente Sipman en 2001 realiza un listado básico de flora Salvadorensis, en donde incorpora los estudios de campo llevados a cabo en el país para ese momento, reportando un total de 309 especies de líquenes incluyendo 15 reportes posiblemente erróneos, en donde el autor sugiere que las causas puede estar en el conocimiento limitado sobre taxonomía de líquenes tropicales, la falta de tratamientos taxonómicos adecuados de las recolectas y limitada exploración de localidades; por otra parte en su obra: inventario de algas y líquenes del Parque Nacional El Imposible llevada a cabo el mismo año, realiza una depuración del listado anterior, reportando 294 especies de líquenes para el país.

Bohnke en 2003, en su investigación realizada en el Parque Nacional El Imposible, sobre ocurrencia y distribución de líquenes epifitos de la familia Parmeleaceae y su dependencia altitudinal y de vegetación, hace una contribución al listado de especies del país, reportando 45 especies y 12 géneros de los cuales; 20 especies son reportes nuevos para la zona y 14 son nuevas para El Salvador, además comprobó que el número de especies aumenta con la altitud y la comparación entre vegetación primaria y secundaria no mostraron diferencias en la diversidad de líquenes epifitos de las Parmeleaceae.

En el 2006 Quintanilla *et al.* Investigaron sobre líquenes bioindicadores de calidad del aire a través de determinación de metales pesados en sus talos, reportando 51 especies y 22 géneros de líquenes.

En el 2012 Nelsen *et al.* Realiza una investigación a cerca del genero *Herpothallon*, tomando en cuenta muestras recolectadas en el territorio salvadoreño.

Se encuentran en la literatura otras publicaciones en donde se incluyen recolectas realizadas en el país, como los trabajos realizados por: Motyka 1936-1938; Santesson en 1952; Hale en 1965; Degelus en 1974; Guderley en 1999; Marbach en 2000, Lücking en 2001, Sipman en 2004, Lücking en 2009.

Además de las investigaciones publicadas, también se reporta material sobre líquenes recolectados y herborizados para antes de 1990 que se encuentran en los herbarios Ulm, Alemania (Herbario Winkler) y en el Herbario nacional de Washintong, USA con recolectas hechas por Standley en sus visitas, por Robert Lücking en el 2001 y 2009 que se encuentran en The field museum Chicago. Actualmente en El Salvador se cuentan con colecciones de líquenes en el Herbario de la Universidad de El Salvador (ITIC) y en el Herbario del Jardín Botánico La Laguna (LAGU).

## **5.2 La teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson.**

La teoría de Biogeografía de islas fue propuesta en los años 60 por los ecólogos Roberto MacArthur y E. O. Wilson, para hacer predicciones acerca del número de especies que podrían existir en una isla recién creada, más allá de esto, establecer y explicar los factores que afectan la riqueza de las especies de comunidades naturales (MacArthur y Wilson 1967).

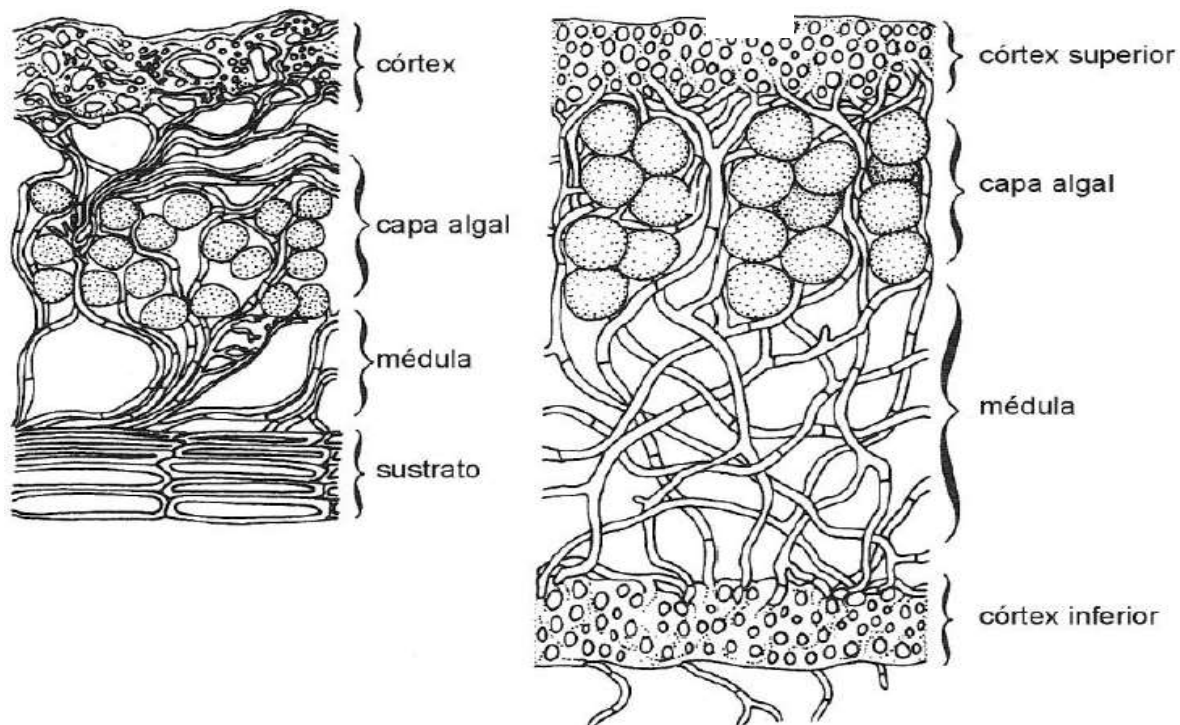
La utilidad de esta aproximación no se ha limitado a las islas como accidentes geográficos, en este contexto una isla puede ser cualquier área de hábitat rodeado por áreas inadecuadas para las especies (MacArthur y Wilson 1967).

La teoría de la biogeografía de islas sostiene que el número de especies encontrado en una isla (número del equilibrio) está determinado por dos factores: el efecto de la distancia del continente y el efecto del tamaño de la isla y por consiguiente, se verían afectados los índices de extinción y el nivel de inmigración (MacArthur y Wilson 1967).

En este sentido, las islas más cercanas al continente tienen mayor probabilidad de recibir inmigrantes del continente que las que están más alejadas, este es el efecto de la distancia. El efecto del tamaño se refleja en la relación tamaño de la isla y la diversidad de especies. En islas más pequeñas la probabilidad de extinción es mayor que en islas grandes. Así las islas más grandes pueden tener más especies que las más pequeñas (MacArthur y Wilson 1967).

### 5.3 Generalidades de los líquenes.

Los líquenes son una asociación simbiótica entre un hongo (micobionte) y una o más algas o cianobacterias (fotobionte), originándose un cuerpo vegetativo (talo) estable con una estructura, fisiología y ecología propia diferente a la que tienen los hongos y algas de vida libre (Calatayud *et al* 2010) (Figura 1). En los líquenes se pueden diferenciar dos tipos de talos de acuerdo a la distribución de las algas en los tejidos: talos homómeros y talos heterómeros. Se conocen alrededor de 14,000 especies de líquenes con una alta distribución desde los polos hasta el Ecuador (Barreno y Pérez-Ortega 2003)



**Figura 1.** Anatomía interna del talo líquénico: **A.** talo homómero y **B.** talo heterómero. (Tomado de: la cátedra de farmacobotánica de la Universidad nacional de la Patagonia San Juan Bosco)

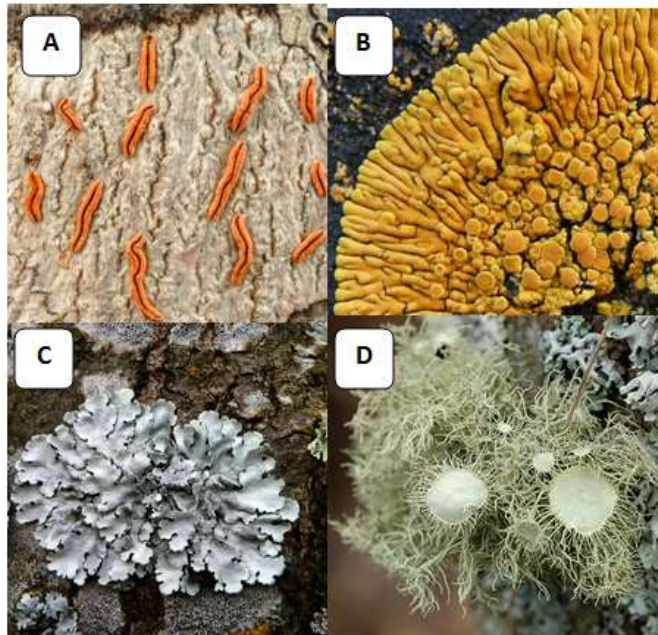
El micobionte implicado en la formación de los talos puede ser un basidiomicete o ascomicete, estos últimos son los más comunes en la formación de talos de líquenes. El fotobionte presenta alrededor de veinticinco géneros de algas verdes, pocas algas doradas, un alga parda y doce géneros de cianobacterias, que se asocian en la formación de talos de líquenes (Brodo, 2001).

Los hongos que forman talos de líquenes son eximidos de vivir sobre materia orgánica y sus requerimientos de humedad son también más limitados. El alga o cianobacteria proporcionan los carbohidratos y queda protegida de la desecación por el hongo (Calatayud *et al* 2010).

Los talos de líquenes generan una gran variedad de formas de crecimiento, estructuras reproductivas y tipos de reproducción (Barreno y Pérez-Ortega 2003).

### 5.3.1 Formas de crecimiento

Las formas de crecimiento o también llamados biotipos pueden ser primitivas o altamente estructuradas, la apariencia externa es determinada por el micobionte, sin embargo en algunos casos el fotobionte es más influyente en la morfología del líquen, se conocen los siguientes biotipos: crustáceos, escumulosos, foliáceos y fruticulosos (Barreno y Pérez-Ortega 2003).

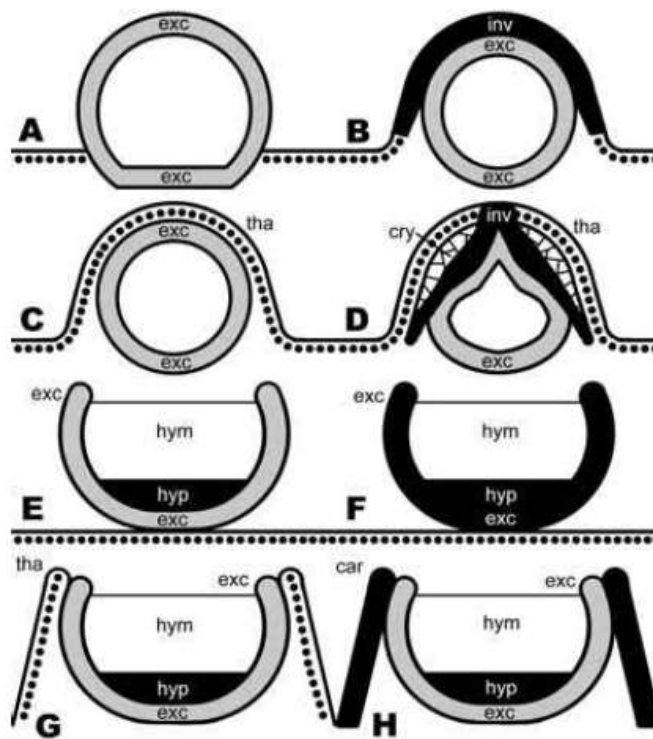


**Figura 2.** Formas de crecimiento de líquenes A) crustáceos, B) escumulosos C) foliáceos y D) fruticulosos. (Imagen modificada de Barreno y Pérez-Ortega 2003 por Cristina Vásquez 2016)

### 5.3.2 Estructuras reproductivas y reproducción

**Ascomas:** Con base a su morfología funcional los ascomas pueden dividirse a grandes rasgos en dos tipos básicos: apotecios con un himenio expuesto y peritecios con un himenio cerrado (figura 3)

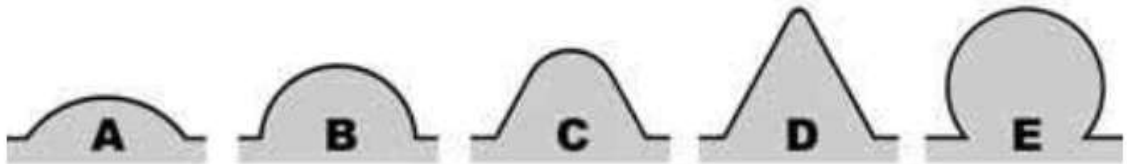
**Apotecios:** Difiere de la forma peritecial por su total o parcialmente expuesto himenecio en el cual las ascas y las hifas interascales están organizadas en una capa sencilla (himenio) contenidos en una matriz gelatinosa. Presentan formas típicamente redondeados a ligeramente irregular en línea, pero algunos géneros y especies tienen apotecios lirelados (elongados horizontalmente) (Lücking 2008).



**Figura 3.** Representación esquemática transversal de los ascomas en líquenes folícolos.

**A.** Peritecio con pared de una sola capa (excípulo). **B.** Peritecio con pared de dos capas (excípulo carbonizado e involúcrelo). **C.** Peritecio con pared de dos capas (excípulo y capa talina modificada). **D.** Peritecio con pared de cuatro capas (excípulo, involúcrelo, "crystallostratum" y capa talina). **E.** Apotecio biatorino excípulo hialino. **F.** Apotecio lecideino con excípulo pigmentado oscuro. **G.** Apotecio zeorino con excípulo y capa talina. **H.** Apotecio zeorino con excípulo y capa talina carbonizada. Car = margen talino carbonizado. exc = excípulo, hym = himenio, hyp = hipotecio, inv = involúcrelo, cry = "crystallostratum", tha = capa talina (tomado de Lücking 2008).

**Peritecios:** Presentan el hamatecio (capa de ascas e hifas interascas) rodeado y cubierto por una pared de estructura variada, con apertura a través de un ostiolo estrecho, usualmente apical pero también pueden ser excéntricos o laterales. Las paredes de los peritecios pueden ser simples capas de hifas aglutinadas o diferenciados en capas (Lücking 2008) (figura 4).



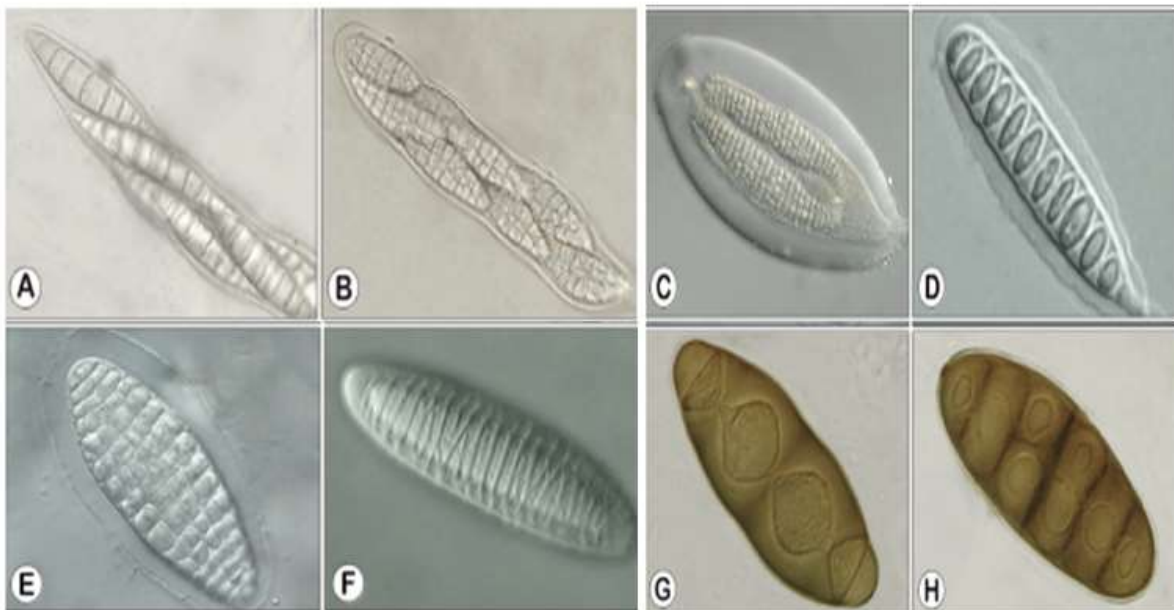
**Figura 4.** Representación esquemática de la forma de los peritecios en los líquenes foliícolas. **A.** Forma de lente. **B.** hemisférico. **C.** Forma de verruga. **D.** Cónico. **E.** Subgloboso (Tomado de Lücking, 2008)

**Ascas:** Pueden ser asignadas a varios tipos principales, basados sobre la estructura interna y sus mecanismos de apertura. Las ascas unitunicadas se abren por un pequeño opérculo y considerando todos los linajes derivados, las ascas se puede dividir en cuatro grupos: (1) funcionalmente unitunicadas, (2) funcionalmente bitunicadas [fisitunicadas], (3) “annellasceous”, y (4) lecanoriodes ('amiloide') en la solución de yodo (Lücking 2008).



**Figura 5.** Tipos principales de ascas en los líquenes. (Tomado de Lücking, 2008)

**Ascosporas:** Son las células sexuales que se forman después de la cariogamia meiótica en el asca. Su aspecto varía considerablemente y proporciona utilidad como caracteres taxonómicos a diferentes niveles. La forma general de las ascosporas es más uniforme dentro de un género, mientras que el grado de tabicación, tamaño, espesor de la pared y el color puede variar incluso en especies estrechamente relacionadas. Cuando los tabiques de la ascospora se forman de manera que cada célula se divide en partes iguales por un tabique recién formado, esto se llama microcefalia, mientras que en la ascospora macrocefálica las nuevas células se dividen de manera desigual y los tabiques a menudo dejan grandes, células terminales sin dividir (Figura 6 ).



**Figura 6.** Tipos de ascosporas de líquenes: (A) Ascosporas transversalmente septadas, (B) (C) ascosporas Muriformes, (D) muestra ascosporas con lúmenes lenticulares y halo externo gelatinoso, (E) ascosporas ornamentadas, (G) (F) ascosporas pigmentadas

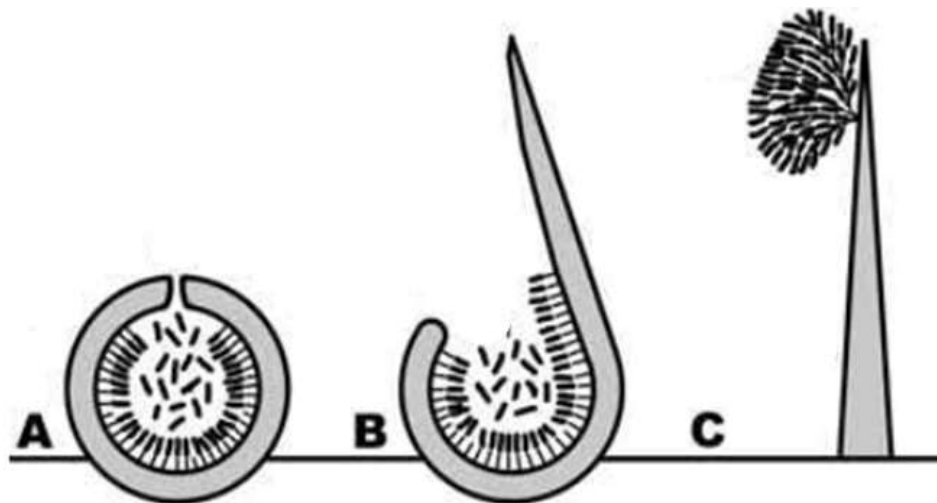
**Conidiomas** Son los cuerpos fructíferos por los que el hongo se reproduce por vía asexual, a través de meiosporas. La reproducción asexual a través de conidiomas se encuentra en la mayoría de los hongos liquenizados, pero es particularmente común y predominante en los taxones folícolas.



Los conidios pueden servir como diásporas genuinas que establecen un talo nuevo a través de re-simbiosis ('Macroconidias'), o por la transferencia de información genética entre los individuos heterotálica ('microconidias o 'espermacios') (Lücking 2008) (figura 5).

**Campilidios:** En este tipo de conidiomas las capas conidiógenas están parcialmente cubiertas por un lóbulo dorsiventral que expone la masa de conidias a una dispersión pasiva por el agua, sin expulsión al exterior a través de un ostiolo (Lücking 2008).

**Hifóforos:** Son conidiomas que por lo general se componen de un estípite que se forma por hifas aglutinadas y produce hifas conidiógenas en la punta. Así, en contraste con picnidios y campilidios, la producción de conidios en hifóforos es totalmente exógena. Otra característica de los hifóforos es que las hifas conidiógenas suelen estar dispersos en racimos, denominadas diahifas (Lücking 2008)



**Figura 7.** Representación esquemática de los conidiomas en líquenes foliícolas. **A.** Picnidio (Coenogonium). **B.** Campilidio (Calopadia). **C.** Hifóforo (Echinoplaca). Con = Conidia, dia = diahifa, lob = lóbulo, ost = ostiolo, sti = estípite, wal =pared (Tomado de Lücking 2008).

**Conidios:** Al igual que las ascosporas, los conidios presentan una buena gama de formas, grados de tabicación y tamaños. Las microconidias (espermacios) son por lo general fusiformes – elipsoides, no septadas y más bien pequeñas, mientras que las macroconidias en su mayoría tienen una forma elipsoide-bacilar a filiforme y puede ser transversalmente septadas de manera uniforme a muriformes con un aspecto muy diferente de las ascosporas (Lücking 2008).

En la reproducción de los líquenes, el micobionte implicado puede reproducirse de manera sexual o asexual, mientras que el fotobionte solo puede hacerlo de manera asexual. Los líquenes se reproducen bajo las necesidades que tiene el hongo de encontrar en el medio células del fotobionte para establecer la simbiosis, de acuerdo a esto es que los líquenes han desarrollado propágulos especializados donde ambos componentes implicados se incluyen (micobionte-fotobionte) (Barreno y Pérez-Ortega 2003).

### 5.3.3 Ecología

Los líquenes son organismos que son influenciados por factores que determinan su distribución tales como:

**El agua:** los líquenes carecen de orgánulos especiales que regulen las entradas y salidas de agua de sus talos, estos dependen de la lluvia y el rocío para obtenerla, es por ello que su crecimiento es más rápido en lugares con humedad frecuente (Umaña y Sipman 2002).

**Temperatura:** Los líquenes resisten los estados secos deteniendo sus procesos de crecimiento, pueden vivir a temperaturas de hasta 70-75 °C y temperaturas de hasta -183 °C sin embargo, para un crecimiento óptimo los líquenes necesitan condiciones de humedad y temperatura semejantes a las de las plantas superiores, es decir 15-25 °C. Los líquenes de zonas frías requieren temperaturas un poco inferiores (0-10 °C). En estado húmedo son mucho menos resistentes a las temperaturas extremas. Temperaturas más altas rápidamente inducen a la inanición y la muerte (Umaña y Sipman 2002).

**Luz:** la mayoría de las especies de líquenes tienen preferencias por hábitat con mucha luz y donde no hay sombra (Umaña y Sipman 2002).

**Sustrato:** las superficies donde líquenes pueden vivir y crecer son variadas, sobre roca, tierra, hojas y cortezas de árboles. El tipo de sustrato es determinante en la distribución de los líquenes, porque muchas especies tienen preferencias en cuanto al sustrato.

**Actividad humana:** la destrucción de los bosques, la contaminación y las actividades agrícolas afectan la distribución de los líquenes de diversas maneras, pues estos factores pueden reducir o favorecer sus hábitats naturales.

Los líquenes juegan un papel importante en la naturaleza, en los ecosistemas rocosos son pioneros en la degradación de la superficie rocosa, permitiendo la acumulación de polvo, facilitando la formación de sustrato adecuado para el establecimiento de plantas no vasculares y vasculares, de animales invertebrados y vertebrados pequeños asociados a ellos.

Debido a que la asociación simbiótica entre alga y hongo pueden intervenir en ciertas especies de líquenes, cianobacterias como fotobiontes, dichos talos adquieren la capacidad de atrapar nitrógeno atmosférico y contribuyen en el ciclo del nitrógeno en los ecosistemas, facilitando el crecimiento y floración de las plantas vasculares. Sin embargo la gran mayoría de las especies de líquenes tienen un alga verde como fotobionte que realiza las funciones de fotosíntesis (Morales *et al* 2009).

Los líquenes son capaces de colonizar una gran variedad de hábitats. Esta capacidad es una combinación de varios factores que le confieren una adaptabilidad extraordinaria a la asociación simbiótica, aún en medios en los que el micobionte o fotobionte no podrían sobrevivir de manera aislada. Factores como las estrategias reproductivas, la capacidad de producir sustancias químicas que hacen posible la defensa del liquen así como la colonización de sustratos como rocas, madera, tejidos vegetales vivos, etcétera (Morales *et al* 2009).

Siempre que no existan agentes de perturbación del medio (depredadores, cambios climáticos abruptos, fuentes de contaminación, entre otros), líquenes individuales pueden permanecer en un mismo hábitat (Morales *et al* 2009).

Una de las adaptaciones que los líquenes poseen y que les confieren un alto grado de adaptabilidad a su medio, es su capacidad de tolerar la desecación, es decir, que son poiquilohídricos (Morales *et al* 2009).

#### **5.3.4. Los líquenes como bioindicadores**

Los problemas de contaminación se agudizan y son el producto de las actividades de una población humana creciente, en los últimos años se ha prestado atención a encontrar maneras de monitorear el aire. Los líquenes han adquirido gran importancia por su cualidad de ser bioindicadores para la evaluación de la contaminación, especialmente atmosférica, debido a su asociación simbiótica, los líquenes guardan una relación estrecha con los factores físicos y químicos de su medio circundante.

Por tanto, cualquier cambio en el medio afecta la composición y la estructura de la comunidad, las cuales pueden ser utilizadas como indicadores indirectas del grado de cambio de un ecosistema (Morales *et al.* 2009). Esta característica permitió el desarrollo de metodologías basadas en la evaluación de la presencia de ciertas especies o cambios en la estructura de la comunidad de líquenes presente en una determinada zona, correlacionándola con la calidad del aire que se registra (Conti y Cecchetti 2000).

Los líquenes son principalmente susceptibles a la presencia de Dióxido de azufre en el medio. Los talos jóvenes son mucho más sensibles a esta contaminación ambiental que aquellos plenamente desarrollados. El dióxido de azufre es el principal responsable de la acidificación del agua de lluvia, necesaria para el crecimiento de estos organismos, sus talos responden creando sustancias liquénicas hidrófobas y la reducción de la superficie expuesta a la lluvia y por consiguiente, la fotosíntesis se ve reducida. También la producción de soredios se ve notablemente reducida por lo que la propagación de estos organismos se reduce notablemente. Sin embargo, estos organismo se recuperan rápidamente una vez que las condiciones ambientales vuelven a ser normales (Calatayud *et al.* 2010).

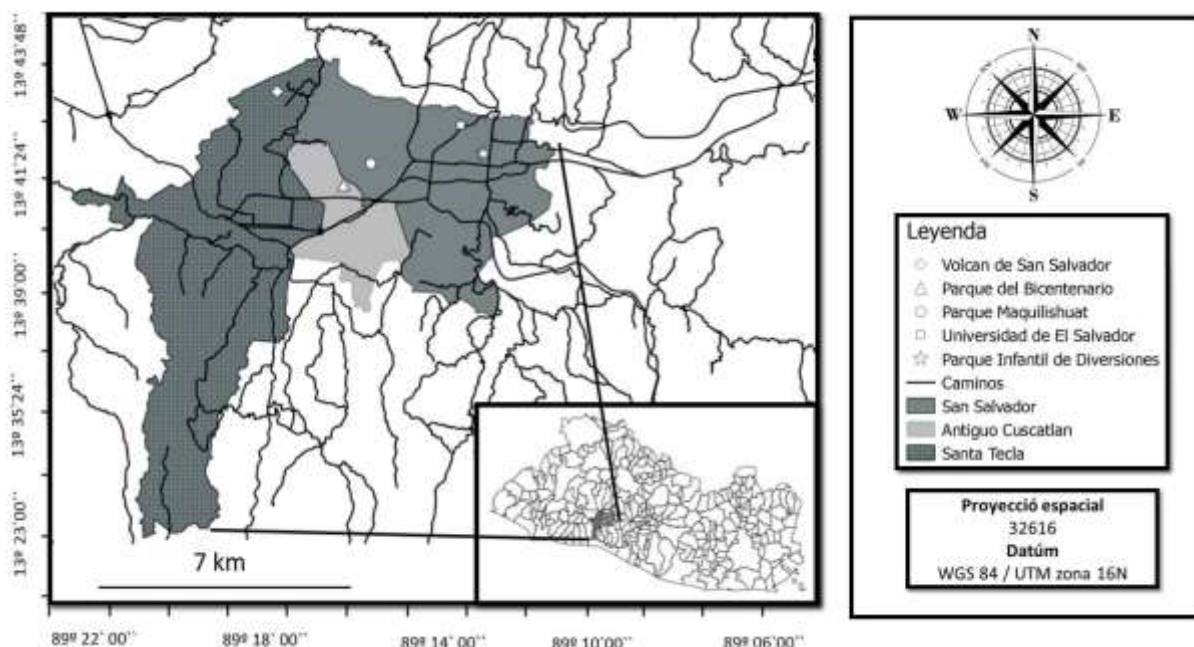
## VI. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en un periodo de 12 meses (noviembre 2014-noviembre 2015), durante el cual se llevaron a cabo 3 fases: Fase de campo, fase de laboratorio y análisis de los datos.

Los sitios de estudio se establecieron primordialmente en lugares seguros para llevar a cabo la investigación, debido a la situación de inseguridad que actualmente atraviesa el país; por otro lado también se tomaron en cuenta estos sitios por previas investigaciones bajo el mismo tema central de este trabajo; pero con variables en la matriz vegetal (datos no oficiales) cuyos resultados fueron de interés para continuar con los estudios en estos mismos sitios.

### 6. 1 Ubicación geográfica.

A continuación la figura 8 muestra la ubicación de los cinco sitios de muestreo establecidos para este estudio:



**Figura 8:** Mapa sitios de muestreo: Islas hábitat de San Salvador de acuerdo a la distancia del volcán de San Salvador (La fuente). Elaborado por Lic. Biol. Wilson Martínez 2016.

#### ✓ **Volcán de San Salvador ( El Boquerón)**

El volcán de San Salvador (La fuente) está ubicado en la zona central de El Salvador, a  $13^{\circ}44'2.40''N$  y  $89^{\circ}17'38.40''O$ , con una parte de bosque subtropical en la parte sur occidente y de tipo compuesto, con rocas andesitas y basálticas. La prominencia del volcán consiste de dos masas: el Picacho de 1959.97 msnm; y el Boquerón de 1839.39 msnm, que incluye un cráter de 1,5 km de ancho.

#### ✓ **Islas de hábitat de San Salvador**

Las islas hábitat de San Salvador seleccionadas se encuentran ubicadas en las siguientes coordenadas:

Grande-cerca (Parque del Bicentenario) a 13°41'39. N y 89°15'03.36''O  
 Pequeño-cerca (Parque Maquilishuat) a 13°42'0.15''N y 89°14'31.95''O  
 Grande-lejos (Universidad de El Salvador) a 13°43'06''N y 89°12'11''O  
 Pequeño-lejos (Parque infantil de diversiones) a 13°42'13.39''N y 89°11'37.71''O

La ciudad de San Salvador tuvo para el 2014 una temperatura promedio de 23.9° C y una humedad relativa entre 64-72% (Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) 2014); sin embargo para el mes de noviembre que se caracteriza por una escasa nubosidad, por la ausencia casi absoluta de lluvias y por la disminución gradual de la temperatura. La temperatura y humedad relativa son en promedio, 23° C y 74% respectivamente (SNET 2003).

## 6. 2 Metodología de campo

### 6.2.1 Selección y descripción de los sitios de muestreo.

Para el presente estudio se estableció que el volcán de San Salvador sería la fuente, posteriormente la selección de las islas hábitats se basó en dos criterios:

- 1) Distancia con respecto al volcán de San Salvador (El Boquerón).
- 2) Tamaño de islas.

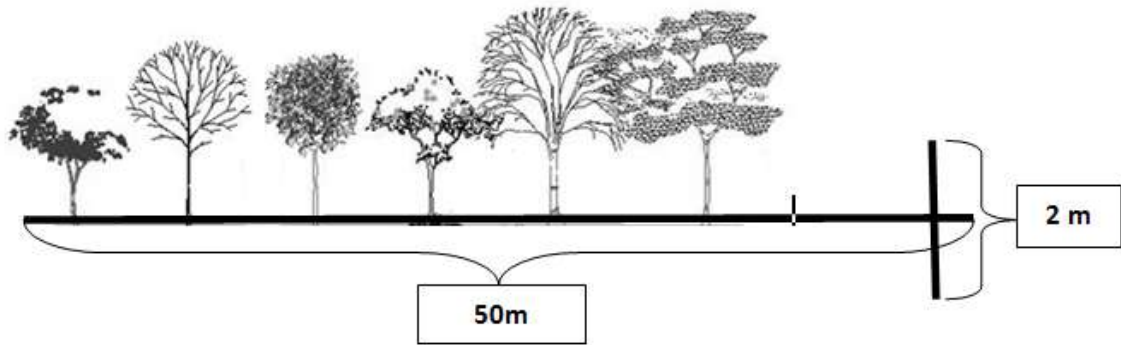
En la tabla 1 se muestran las categorías de clasificación de las islas de hábitat determinadas y los criterios para su selección.

**Tabla 1:** Criterios de selección de las islas de hábitat y la fuente.

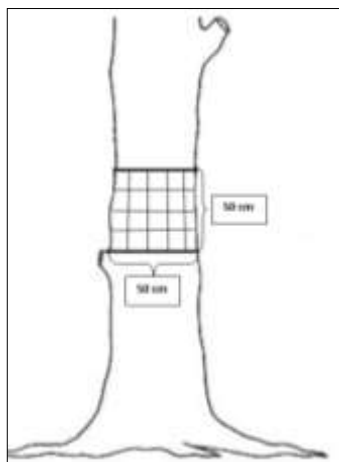
CLASIFICACIÓN DEL SITIO	SITIO	ÁREA BOSCOSA (Hectáreas)	DISTANCIA HACIA LA FUENTE (km)	m.s.n.m
Grande-Lejos	Universidad de El Salvador	3.25	10.66	681
	13°43'06''N			
	89°12'11''O			
Grande-Cerca	Parque del Bicentenario-Bosque los pericos.	3.89	6.27	861
	13°41'39.53''N			
	89°15'03.36''O			
Pequeño-Lejos	Parque Infantil de Diversiones	2.27	9.16	650
	13°42'13.39''N			
	89°11'37.71''O			
Pequeño-Cerca	Parque Maquilishuat	2.51	6.31	825
	13°42'0.15''N			
	89°14'31.95''O			
Fuente	Volcán de San Salvador	25.27		890
	13°44'01.3''N			
	89°16'43.9''O			

### 6.2.2 Recolección de datos

Se establecieron los cinco sitios de estudio y el muestreo de líquenes epifitos se enfocó en áreas de bosque con árboles (forófito) de al menos 30 cm de diámetro, se delimitó un transecto de 2X50 m (Figura 9) en cada isla de hábitat y la fuente. Para cada forófito en el transecto se sobrepuso una cuadrícula de plástico de 50x50 cm a una altura de 1.30 m (Figura 10) y se tomaron datos de circunferencia (CAP) con una cinta métrica graduada en cm (Figura 11); georreferencia del forófito y se contabilizó la cobertura de cada uno de los talos de líquenes encontrados (Figura 12). Los datos de cobertura se expresaron en número de cuadros cubiertos en la cuadrícula por especie de liquen; en donde cada cuadro equivale a 1.25X1.25 cm. Sin embargo para una mejor comprensión los valores de cobertura en los resultados se presentaron en área (cm<sup>2</sup>). Los talos encontrados en la cuadrícula fueron recolectados y llevados al laboratorio para su identificación (Figura 13).



**Figura 9.** Esquema del transecto en los sitios de muestreo.  
(Elaborado por Cristina Vásquez).



**Figura 10.** Esquema de cuadrícula sobrepuesta en el forófito para contabilizar coberturas de talo de liquen (Elaborado por Cristina Vásquez).



**Figura 11.** Toma de datos de circunferencia de forófito en las islas de hábitat muestreadas.



**Figura 12.** Toma de datos de coberturas de talo de líquenes epífitos en las islas de habitas muestreadas.

### **6.3 Metodología de laboratorio**

Las muestras de talos de líquenes trasladadas al laboratorio fueron identificadas taxonómicamente. Se tomaron en cuenta aspectos macroscópicos como: tipo de talo, color de talo y reacciones del talo a la prueba de K y C, a través de un estereoscopio y para las características microscópicas se evaluaron: tipo y color de escoma, reacción del himenio a prueba de I, tipo y color de espora, fotobionte y observación de otras estructuras determinadas a través de un microscopio.





**Figura 13:** Identificación taxonómica de los talos de líquenes epífitos colectados en los sitios de muestreo.

#### **6.1.4 Análisis de datos**

Para el tratamiento estadístico se calculó la riqueza de especies de líquenes por especie de forófito y por isla hábitat y al conjunto de datos se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks, en donde se determinó una distribución normal de los resultados obtenidos en el estudio. Para determinar diferencias significativas en la riqueza de líquenes de acuerdo al tamaño y distancia de las islas hábitat, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores, utilizando el paquete estadístico de Statistica.

Para el análisis de composición de líquenes en las islas hábitat, se hizo uso de la estadística descriptiva por sitio y de manera general a través de hoja de cálculo de programa Excel versión 2007. Seguidamente la riqueza de especies y la cobertura de talos sobre troncos se utilizó para calcular el índice de diversidad de Shannon-Weiner (H) presentado en la ecuación (1).

$$H = -1 \sum p_i * \ln p_i$$

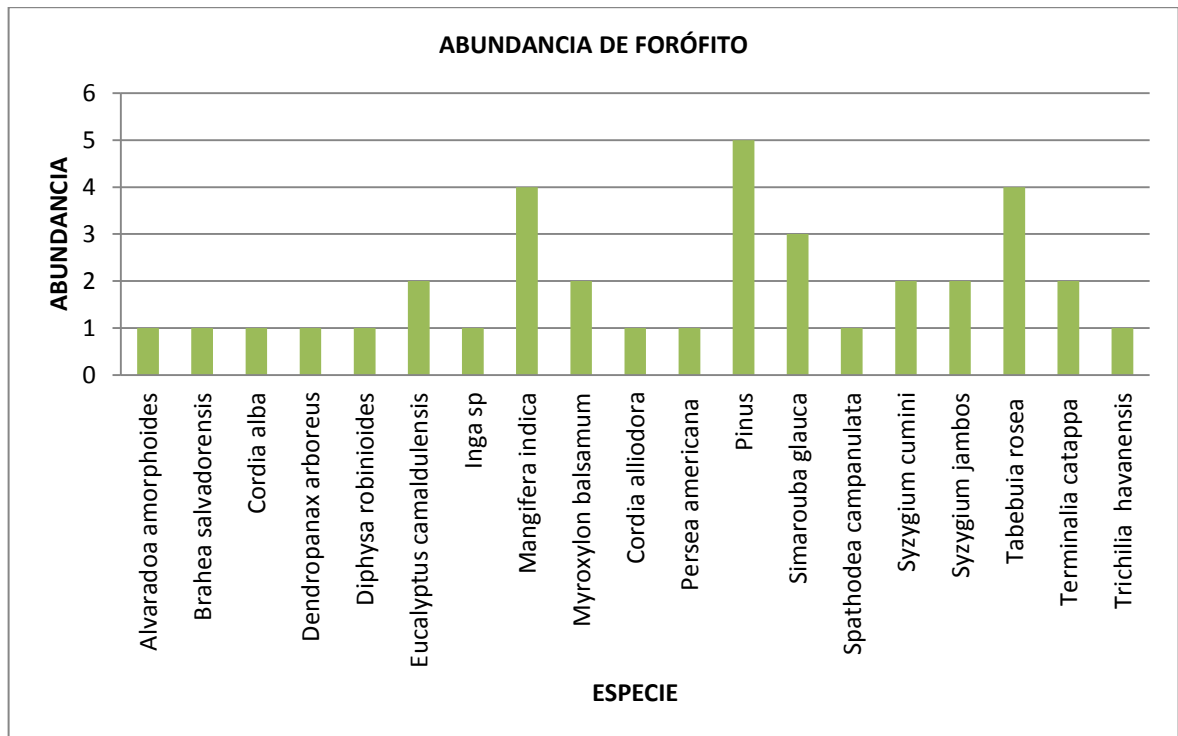
Donde  $p_i$  es la proporción de la cobertura de la  $i$ -ésima morfo-especie con relación a la cobertura total de todas las morfo-especies, con el programa estadístico de Past versión 2.04 y con el que también se obtuvo el análisis de la diversidad Beta a través del índice de dominancia de Simpson y de similitudes de Jaccar

## VII.RESULTADOS.

### 7.1 Composición liquénica de las islas de hábitats en San Salvador.

Se muestrearon 36 forófitos en las islas de hábitats en San Salvador, con un registro total de 19 especies; siendo *Pinus sp* (5), el más abundante dentro del muestreo seguido de *Mangifera indica* (4) y *Tabebuia rosea* (4) (Figura 12)

De un total de 117 muestras de talos liquénicos, se reportan 9 órdenes, 19 familias, 33 géneros y 46 especies; de estas, 20 se han determinado a nivel de género (Tabla 2), debido a que no presentaban estructuras reproductivas, que son indispensables para su determinación o por la carencia de trabajos taxonómicos, como es el caso de *Graphis*, *Canomaculina*, *Canoparmelia* entre otras.



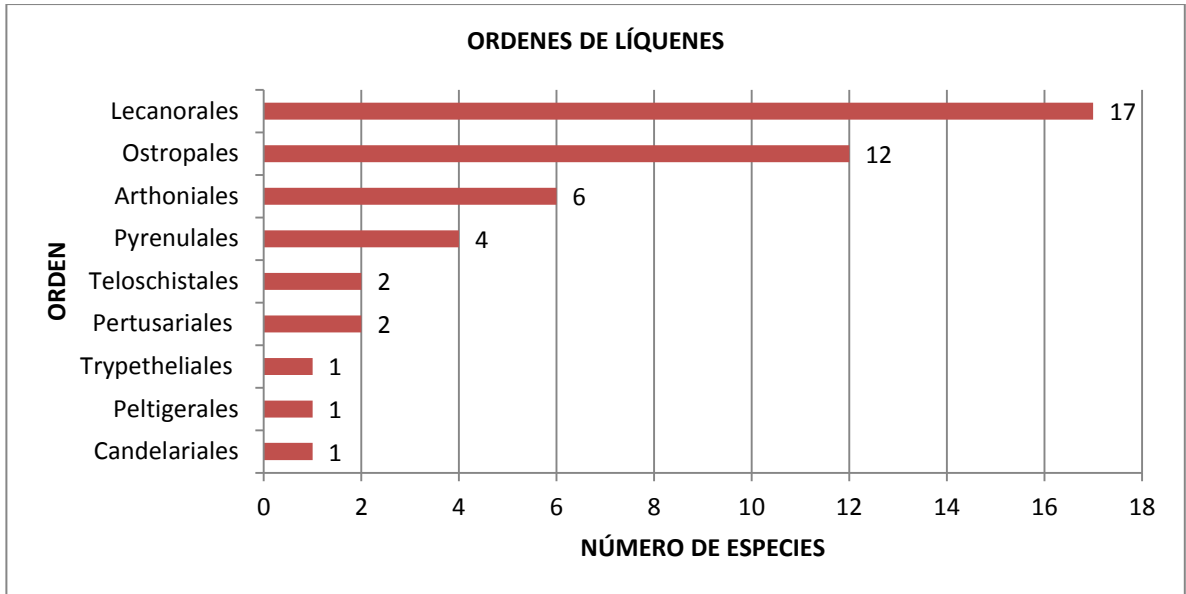
**Figura 14:** Total de forófitos muestreados en islas hábitat en San Salvador.

Con relación a la composición liquénica, los órdenes más representativos fueron Lecanorales con 17 especies, seguido de Ostropales (12), Arthoniales (6) y Pyrenulales (4) (Figura 15).

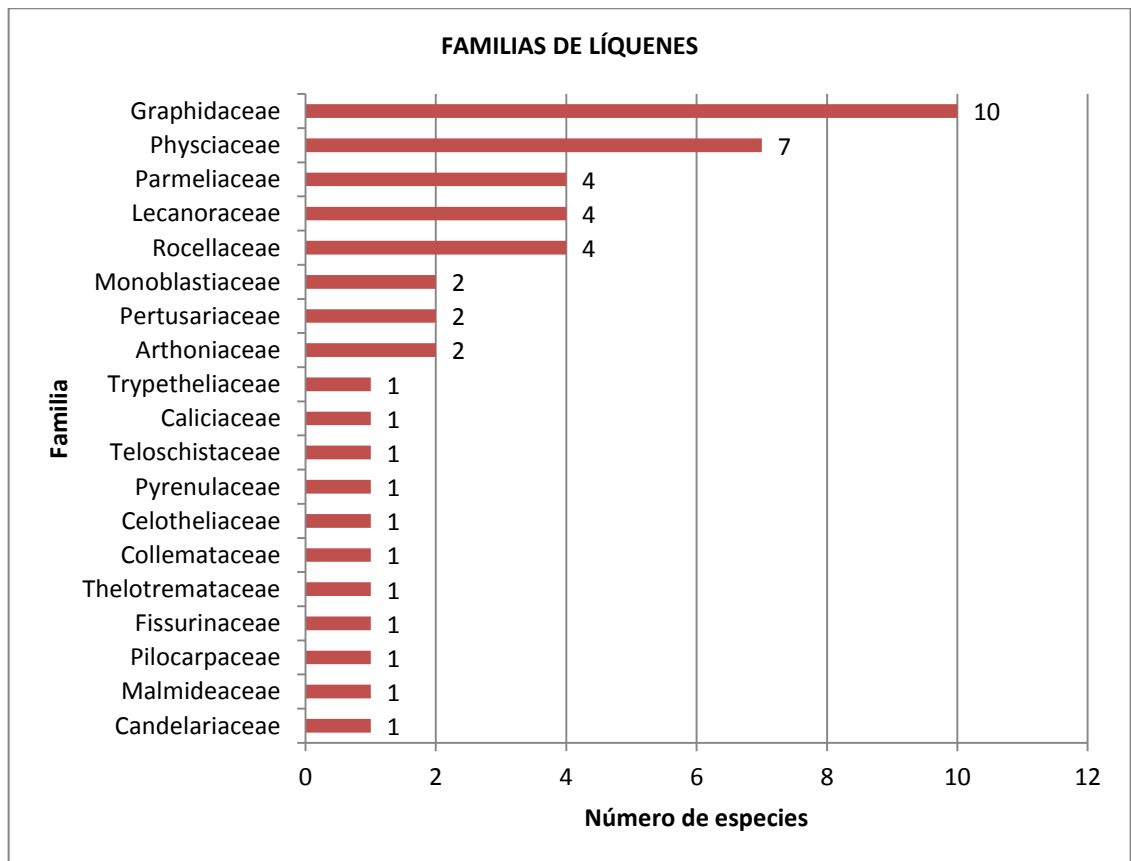
La familia con mayor número de especies fueron: Graphidaceae (10), Physciaceae (7), Parmeliaceae, Lecanoraceae y Rocellaceae (4) cada una (Figura 16).

**Tabla 2:** Resumen de composición de líquenes epífitos en islas de hábitats de San Salvador.

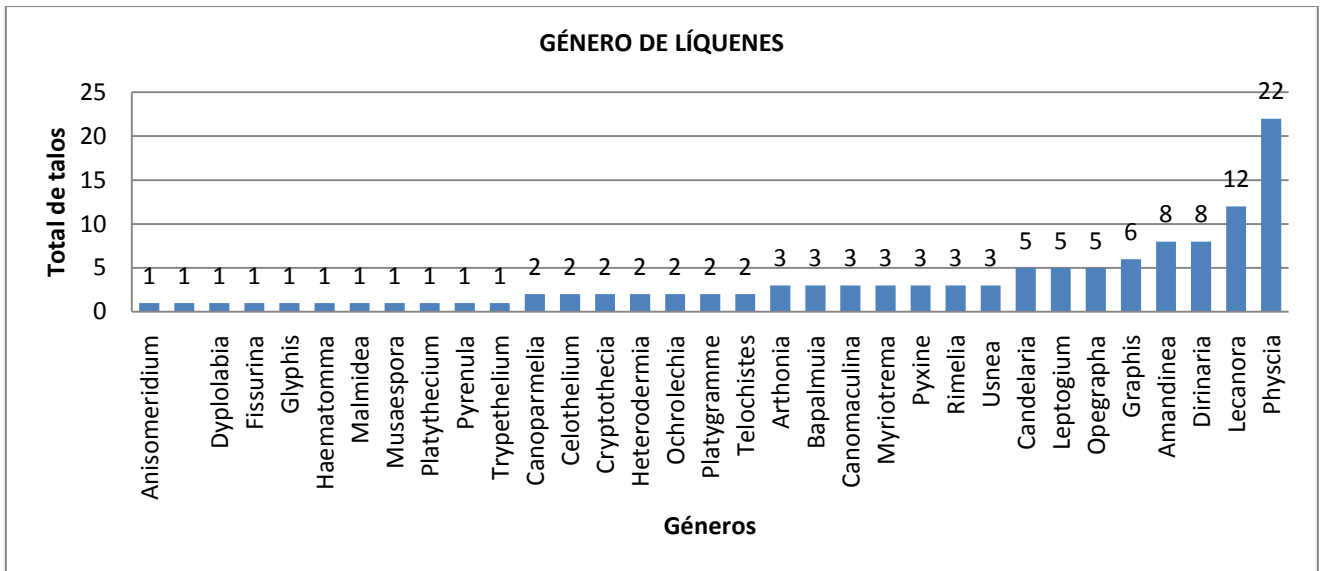
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	
Arthoniales	Arthoniaceae	<i>Arthonia</i>	<i>platygraphidea</i>	
		<i>Cryptothecia</i>	<i>rubrocincta</i>	
	Rocellaceae	<i>Opegrapha</i>	<i>varia</i>	
			<i>robusta</i>	
			<i>sp1</i>	
Candelariales	Candelariaceae	<i>Candelaria</i>	<i>concolor</i>	
	Lecanorales	Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>	<i>helva</i>
			<i>sp1</i>	
			<i>sp2</i>	
		<i>Haematomma</i>	<i>SP1</i>	
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Rimelia</i>	<i>reticulata</i>	
		<i>Canomaculina</i>	<i>sp1</i>	
		<i>Canoparmelia</i>	<i>sp1</i>	
	Physciaceae	<i>Usnea</i>	<i>sp1</i>	
		<i>Physcia</i>	<i>pachyphylla</i>	
			<i>sorediosa</i>	
			<i>crispa</i>	
			<i>Dirinaria</i>	<i>picta</i>
				<i>confusa</i>
			<i>Heterodermia</i>	<i>diademata</i>
			<i>Pyxine</i>	<i>cocoes</i>
	Malmideaceae	<i>Malmidea</i>	<i>sp1</i>	
	Pilocarpaceae	<i>Bapalmuia</i>	<i>sp1</i>	
	Ostropales	Graphidaceae	<i>Graphis</i>	<i>scripta</i>
				<i>illinata</i>
			<i>sp1</i>	
			<i>sp2</i>	
			<i>sp3</i>	
		<i>Glyphis</i>	<i>cicatrioca</i>	
		<i>Platygramme</i>	<i>caesiopruinosa</i>	
		<i>Dyplolabia</i>	<i>afzeii</i>	
		<i>Platythecium</i>	<i>sp1</i>	
		<i>Carbacanthographis</i>	<i>sp1</i>	
Fissurinaceae	<i>Fissurina</i>	<i>dumastii</i>		
Thelotremataceae	<i>Myriotrema</i>	<i>erodens</i>		
Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium</i>	<i>sp1</i>	
	Pertusariales	Pertusariaceae	<i>Ochrolechia</i>	<i>tartarea</i>
			<i>sp1</i>	
Pyrenulales	Celotheliaceae	<i>Celothelium</i>	<i>aciculiferum</i>	
	Pyrenulaceae	<i>Pyrenula</i>	<i>dermatodes</i>	
	Monoblastiaceae	<i>Anisomeridium</i>	<i>sp1</i>	
		<i>Musaespora</i>	<i>sp1</i>	
Teloschistales	Teloschistaceae	<i>Telochistes</i>	<i>flavicans</i>	
	Caliciaceae	<i>Amandinea</i>	<i>sp1</i>	
Trypetheliales	Trypetheliaceae	<i>Trypethelium</i>	<i>eluteriae</i>	
		<b>TOTAL:</b>		
9	19	33	46	



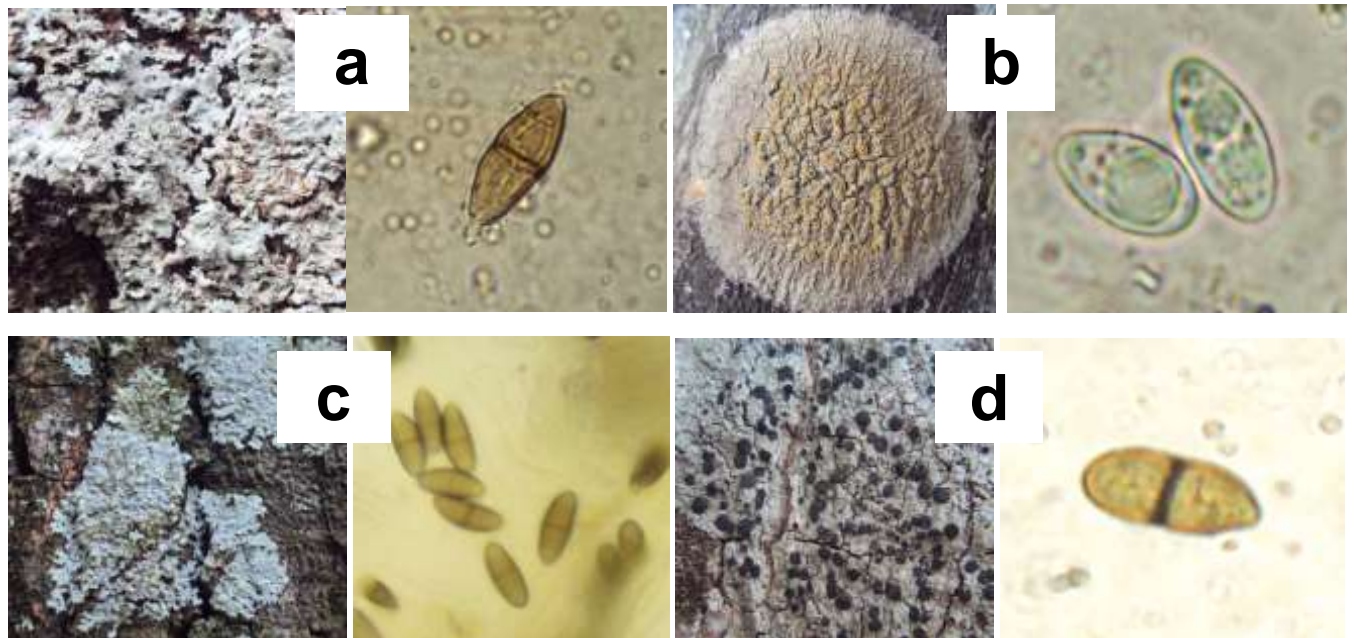
**Figura 15.** Ordenes de líquenes epifitos en islas de hábitats en San Salvador, 2015.



**Figura 16.** Familias de líquenes epifitos en islas de hábitats en San Salvador, 2015.



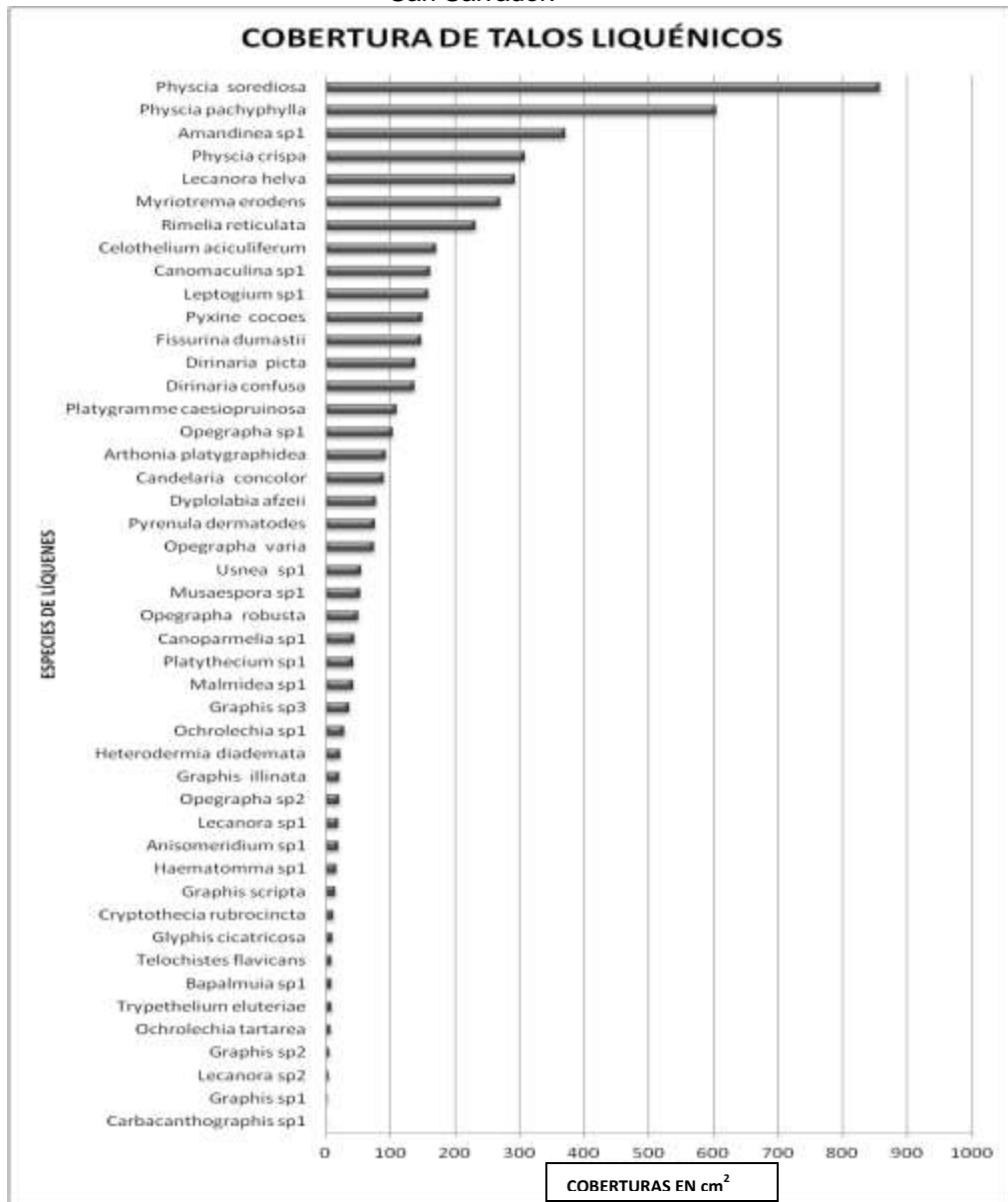
**Figura 17.** Total de géneros de líquenes epífitos en islas de hábitats en San Salvador, 2015.



**Figura 18.** Géneros de líquenes epífitos con mayor representatividad en islas de hábitats en San Salvador. Morfología macro y microscópica: **18-a.** *Physcia*, **18-b.** *Lecanora*, **18-c.** *Dirinaria* y **18-d.** *Amandinea* (Fotografías por Cristina Vásquez)

Los géneros con mayor representatividad en las islas de hábitat fueron *Physcia* (22), *Lecanora* (12), *Dirinaria* (8) y *Amandinea* (8) (Figura 17 y 18). En la figura 19 se muestran las especies de líquenes epifitos con las mayores coberturas en los forófitos. Se encontró que de las 46 especies, *Physcia solediosa* tiene la mayor cobertura (858 cm<sup>2</sup>), seguido de *Physcia pachyphylla* (603.72 cm<sup>2</sup>) y *Amandinea sp1* (371.28 cm<sup>2</sup>).

**Figura 19.** Cobertura en cm<sup>2</sup> de los líquenes epifitos sobre el forófito en islas de hábitats de San Salvador.



Además se presentan las características macroscópicas y microscópicas de los géneros de líquenes encontrados en las islas hábitats en San Salvador en la tabla 3.

**Tabla 3:** Características morfológicas de los géneros líquénicos epífitos de las islas de hábitats en San Salvador.

GÉNERO	TIPO DE TALO	ASCOMA	COLOR DEL ASCOMA	HIMENIO	ESPORA	COLOR DE LA ESPORA	OTRAS ESTRUCTURAS	PRUEBA K Y C	FOTOBIONTE
<i>Amandinea</i>	Crustáceo	Apotecios lecideinos	Marrón	Euamiloide	Elipsoides, uniseptadas	Marrón	-----	-----	-----
<i>Anisomeridium</i>	Crustáceos	Peritecios	Negro	Inamiloide	Fusiformes, uniseptadas pequeñas	Hialinas	Campilidios ausentes	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Arthonia</i>	Crustáceos	Apotecios	Marrón	Hemiamiloide	Muriformes	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Bapalmuia</i>	Crustáceos	Apotecios biatorinos		Euamiloide	Filiformes	Hialinas	-----	-----	-----
<i>Carbacanthographis</i>	Crustáceos	Lírelas	-----	-----	Uniseptadas	Hialinas	-----	-----	-----
<i>Celothelium</i>	Crustáceos	Peritecios solitarios	Negros		Filiformes	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Cryptothecia</i>	Crustáceos	Isidios	-----	Hemiamiloide	Muriformes	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Dyplolabia</i>	Crustáceos	Lírelas	Pruina blanca	Inamiloide	Elipsoides septadas (3)	Hialinas	-----	C+	<i>Trentepohlia</i>
<i>Fissurina</i>	Crustáceos	Lírelas	Margen tálino	Inamiloide	Muriformes	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Glyphis</i>	Crustáceos	Apotecios redondos agregados	Pruina marrón	Inamiloide	Elipsoides, muriformes	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Graphis</i>	Crustáceos	Lírelas	Negro	Inamiloide	Septadas a Muriformes	Hialinas I+	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Haematomma</i>	Crustáceos	Apotecios lecanorinos	Disco rojo	Euamiloide	Septadas	Hialinas	-----	K+	<i>Trebouxia</i>
<i>Lecanora</i>	Crustáceos	Apotecios lecanorinos	Disco de varios colores	Euamiloide	Simples	Hialinas	-----	-----	<i>Pseudotreboxia</i>
<i>Malmidea</i>	Crustáceos	Apotecios biatorinos	-----	Euamiloide	Elipsoides simples	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Musaespora</i>	Crustáceos	Peritecios cubiertos por talo	Negro	Inamiloide	Uniseptadas grandes	Hialinas	Campilidios presentes	-----	<i>Trentepohlia</i>

**Continuación tabla 3:** Características morfológicas de los géneros líquénicos epífitos de las islas de hábitats en San Salvador.

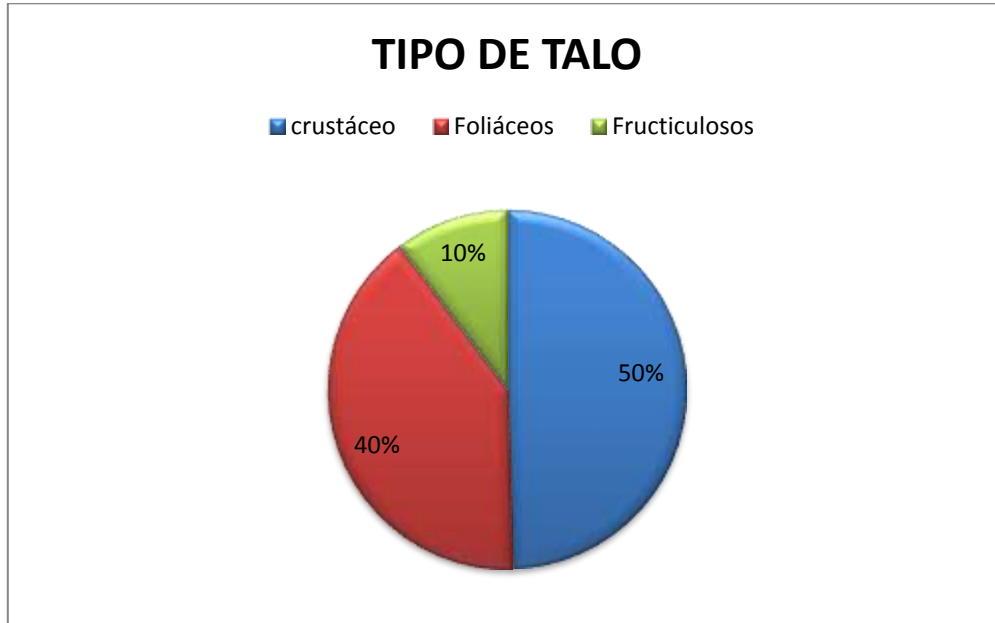
GÉNERO	TIPO DE TALO	ASCOMA	COLOR DEL ASCOMA	HIMENIO	ESPORA	COLOR DE LA ESPORA	OTRAS ESTRUCTURAS	PRUEBA K Y C	FOTOBIONTE
<i>Myriotrema</i>	Crustáceos	Apotecios en forma de poro	Margen tálino	Inamiloide	Septadas con lúmenes redondos	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Ochrolechia</i>	Crustáceos	Apotecios zeorinos	Disco anaranjado	Euamiloide	Simples, grandes	Hialinas	Margen de apotecios tálino grueso	C+	<i>Trebouxia</i>
<i>Opegrapha</i>	Crustáceos	Lírelas	Negro	Hemiamiloide	Septadas, célula supramediana alargada	Hialinas	Talo sin corteza	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Platygramme</i>	Crustáceos	Lírelas proeminente	Purpura	Inamiloide	Muriformes	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Platythecium</i>	Crustáceos	Lírelas inmersas	Blanca	Inamiloide	Muriformes pequeñas	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Pyrenula</i>	Crustáceos	Peritecios solitarios	Negro, cubierto por talo	Hemiamiloide	Muriformes, con paredes engrosadas y lúmenes irregulares	Marrón	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Trypethelium</i>	Crustáceos	Peritecios agregados en pseudoestroma amarillo	Amarillo	Hemiamiloide	Septadas, con paredes engrosadas, lúmenes en forma de diamante	Hialinas	-----	-----	<i>Trentepohlia</i>
<i>Candelaria</i>	Foliáceos	Soredios	-----	-----	Simples	Hialinas	-----	-----	-----
<i>Canomaculina</i>	Foliáceos	Soredios	-----	-----	Simples	Hialinas	-----	-----	-----
<i>Canopermelia</i>	Foliáceos	Soredios	-----	-----	Simples	Hialinas	Sin cilios, con rizinas	K+	<i>Trebouxia</i>
<i>Dirinaria</i>	Foliáceos	Soredios	-----	Euamiloide	Uniseptadas	Marrón	Sin cilios, sin rizinas, medula blanca	K+	<i>Trebouxia</i>



**Continuación tabla 3:** Características morfológicas de los géneros líquenicos epífitos de las islas de hábitats en San Salvador.

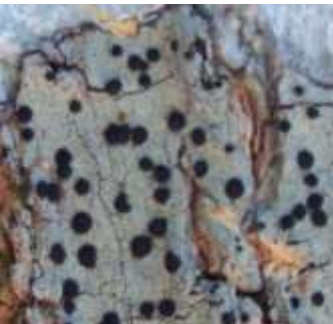
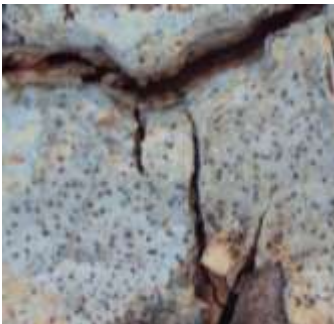

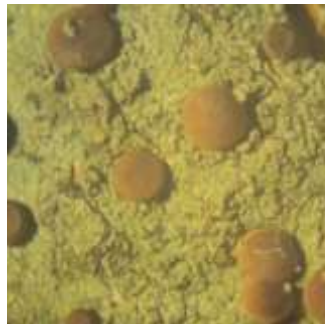
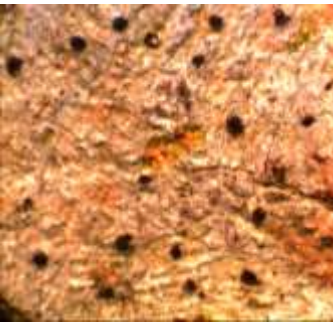




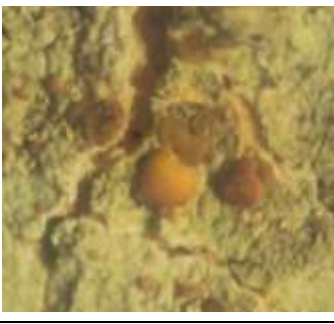



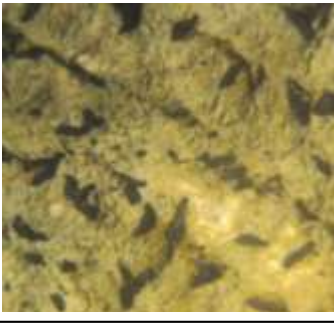


GENERO	TIPO DE TALO	ASCOMA	COLOR DEL ASCOMA	HIMENIO	ESPORA	COLOR DE LA ESPORA	OTRAS ESTRUCTURAS	Prueba K y C	FOTOBIONTE
<b><i>Heterodermia</i></b>	Folioso	Apotecios lecanorinos	Disco negro	Euamiloide	Uniseptadas	Marrón	Con cilios, sin rizinas	K+	<i>Trebouxia</i>
<b><i>Physcia</i></b>	Folioso	Apotecios lecanorinos-soredios	Disco negro a marrón	Euamiloide	Uniseptadas	Marrón	Corteza superior paraplectenquimática, con rizinas, sin cilios	K+	<i>Trebouxia</i>
<b><i>Pyxine</i></b>	Folioso	Apotecios lecideinos	Negro	Euamiloide	Uniseptadas a 3 septos	Marrón	Sin cilios, con rizinas	K+	<i>Trebouxia</i>
<b><i>Rimelia</i></b>	Folioso	Soredios	-----	-----	Simples	Hialinas	Máculas reticuladas, con cilios y rizinas	K+	<i>Trebouxia</i>
<b><i>Leptogium</i></b>	Folioso	Apotecios lecanorinos	Disco anaranjado	Euamiloide	Muriformes	Hialinas	-----	-----	<i>Nostoc</i>
<b><i>Telochistes</i></b>	Fructicoso	Apotecios lecanorinos	Amarillo	Euamiloide	Polariloculares	Hialinas	Ramas angulares y aplanadas	K+	<i>Trebouxia</i>
<b><i>Usnea</i></b>	Fructicoso	Apotecios lecanorinos	Verde	Euamiloide	Simples	Hialinas	Ramas cilíndricas, con eje central elástico	-----	<i>Trebouxia</i>

En cuanto a las formas de crecimiento de los líquenes epifitos encontrados en las islas de hábitat, estuvieron representados en su mayoría por líquenes crustáceos (50%), seguido de foliáceos (40%) y fruticulosos (10%) (Figura 20 y tabla 3).



**Figura 20.** Formas de crecimiento de líquenes epifitos en las islas hábitat de San Salvador

El inventario de líquenes de las islas de hábitat generó 16 nuevos registros de especies de líquenes para el territorio salvadoreño (figura 21).

			
<b><i>Amandinea sp</i></b>	<b><i>Anisomeridium sp</i></b>	<b><i>Arthonia platygraphidea</i></b>	<b><i>Bapalmuia sp</i></b>
			
<b><i>Celothelium aciculiferum</i></b>	<b><i>Carbacanthographis sp</i></b>	<b><i>Graphis illinata</i></b>	<b><i>Graphis scripta</i></b>
			
<b><i>Heterodermia diademata</i></b>	<b><i>Malmidea sp</i></b>	<b><i>Musaespora sp</i></b>	<b><i>Ochrolechia sp</i></b>
			
<b><i>Opegrapha robusta</i></b>	<b><i>Opegrapha varia</i></b>	<b><i>Platygramme caesiopruinosa</i></b>	<b><i>Pyrenula sp</i></b>

**Figura 21:** Nuevos registros de géneros y especies de líquenes para El Salvador.

## 8.2 Riqueza, equitatividad y diversidad alfa de líquenes epífitos.

La isla de hábitat con mayor riqueza de líquenes epífitos es la Grande-cerca (Parque Bicentenario) con un registro de 20 especies; y la menor riqueza en la isla hábitat Pequeño-cerca (Parque Maquilishuat) con 11 especies; por otro lado la isla hábitat pequeño lejos obtuvo los valores más alto de cobertura total en centímetros cuadrados (1361.1 cm<sup>2</sup>) y la isla hábitat Grande-cerca (Parque del Bicentenario) obtuvo el valor más bajo de coberturas (733.2 cm<sup>2</sup>) (Tabla 4).

Para los valores intermedios de riqueza, se observa que la isla de hábitat pequeño- lejos (Parque infantil de diversiones) tiene los mismos valores de riqueza que la fuente (Volcán de San Salvador) con un registro de 13 especies.

**Tabla 4.** Resumen de las características principales de los líquenes epífitos por islas de hábitats y fuente

CARACTERISTICA	ISLAS DE HABITATS				
	GRANDE CERCA	PEQUEÑO CERCA	GRANDE LEJOS	PEQUEÑO LEJOS	FUENTE
RIQUEZA DE LIQUENES	20	11	12	13	13
ESPECIES MAS FRECUENTES	<i>Platygramme caesiopruinosa</i>	<i>Leptogium sp1</i>	<i>Physcia pachyphylla</i>	<i>Physcia solediosa</i>	<i>Rimelia reticulata</i>
	<i>Physcia solediosa</i>	<i>Physcia crispa</i>	<i>Dirinaria picta</i>	<i>Celothelium aciculiferum</i>	<i>Lecanora helva</i>
	<i>Amandinea sp1</i>	<i>Dirinaria confusa</i>	<i>Opegrapha robusta</i>	<i>Physcia crispa</i>	<i>Myriotrema erodens</i>
TOTAL DE ORDENES	7	5	6	8	7
ORDEN DOMINANTE	Ostropales	Lecanorales	Lecanorales	Lecanorales	Lecanorales
TOTAL DE FAMILIAS	12	7	8	11	11
FAMILIA DOMINANTE	Graphidaceae	Physciaceae	Physciaceae	Physciaceae	Parmeliaceae
COBERTURA TOTAL (cm <sup>2</sup> )	733.2	1219.92	810.42	1361.1	1046.76

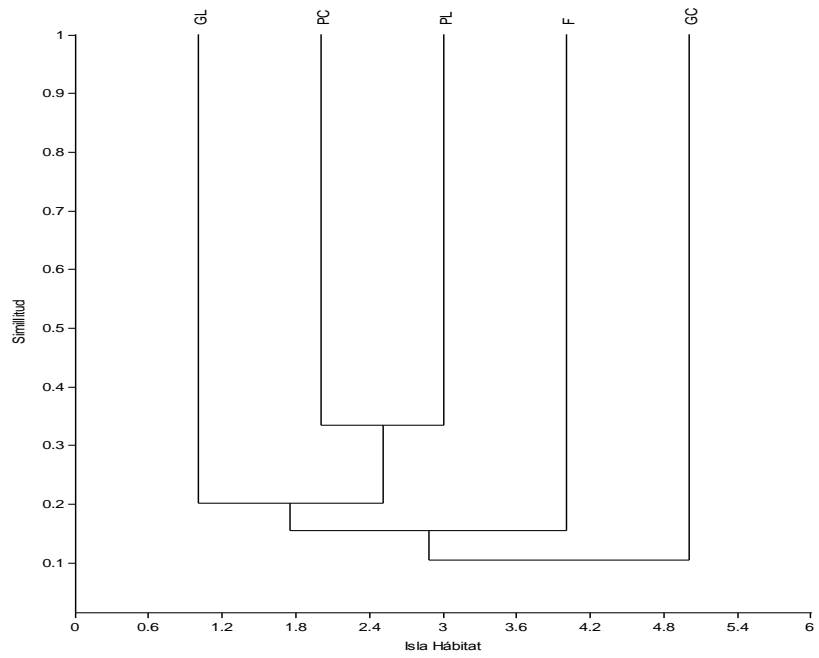
La mayor diversidad se encontró en la isla de hábitat Grande-cerca (Parque Bicentenario)  $H=2.59$ , pero valores más bajos de dominancia (0.093); mientras que la isla de hábitat menos diversa es la Grande-lejos (Universidad de El Salvador) con un valor de  $H=1.10$ , pero con los valores más altos de dominancia (0.54). La equitatividad mayor 0.94 se registro para la isla de hábitat Pequeño-cerca (Parque Maquilishuat) y la más baja 0.44 para la Grande- lejos (Universidad de El Salvador) (Tabla 5).

**Tabla 5:** Diversidad alfa, equitatividad y dominancia de líquenes epífitos en islas de hábitats en San Salvador.

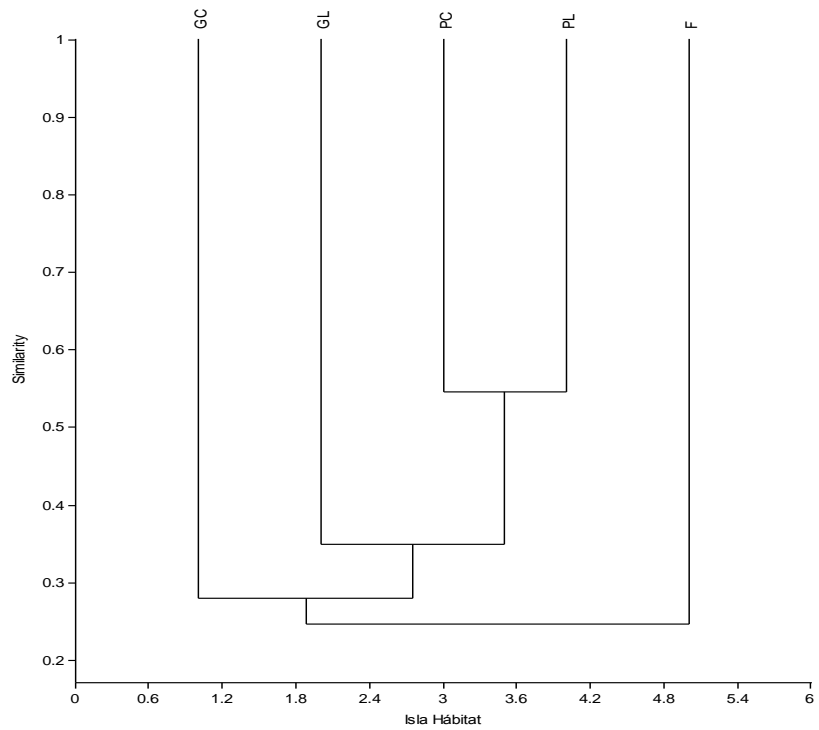
CRITERIO/ISLA HÁBITAT	GC	PC	GL	PL	FUENTE
<b>Dominancia</b>	0.09349	0.1172	0.5419	0.2859	0.1378
<b>Índice de Shannon</b>	2.597	2.257	1.104	1.665	2.214
<b>Índice de Simpson</b>	0.9065	0.8828	0.4581	0.7141	0.8622
<b>Equitatividad</b>	0.8668	0.9413	0.4445	0.6491	0.8633

### 8.3 Diversidad beta de Líquenes epífitos.

En general los valores de similitud para las islas de hábitat y la fuente, son muy bajos. Sin embargo dentro de estos valores las islas de hábitat con mayor similitud son la Pequeño-Cerca (Parque Maquilishuat) y Pequeño-Lejos (Parque Infantil de diversiones) (Figura 22 y 23).



**Figura 22** Similitud entre islas de hábitats de San Salvador y la fuente medido a través del índice de similitud de Jaccard



**Figura 23.** Similitud entre islas de hábitats de San Salvador y la fuente, medido a través del índice de similitud de Simpson.

**Tabla 6:** Resumen de especies de líquenes para establecer diferencias en las islas de hábitats y fuente.

LÍQUEN	FUENTE (El boquerón)	GRANDE CERCA (Bicentenario)	PEQUEÑO CERCA (Maquilishuat)	PEQUEÑO LEJOS (Parque infantil)	GRANDE LEJOS (UES)
<i>Amandinea sp1</i>	X	X	X	X	X
<i>Anisomeridium sp1</i>		X			
<i>Arthonia platygraphidea</i>	X			X	X
<i>Bapalmuia sp1</i>				X	X
<i>Canoparmelia sp1</i>		X		X	
<i>Candelaria concolor</i>			X	X	
<i>Cryptothecia rubrocincta</i>		X			
<i>Canomaculina sp1</i>			X		
<i>Carbacanthographis sp1</i>					X
<i>Celothelium aciculiferum</i>				X	
<i>Dirinaria confusa</i>			X		
<i>Dirinaria picta</i>		X	X		X
<i>Dyplolabia afzeii</i>		X			
<i>Fissurina dumastii</i>				X	
<i>Glyphis cicatrioca</i>		X			
<i>Graphis scripta</i>		X			
<i>Graphis illinata</i>		X			X
<i>Graphis sp1</i>				X	
<i>Graphis sp2</i>		X			
<i>Graphis sp3</i>	X				
<i>Haematomma sp1</i>		X			
<i>Heterodermia diademata</i>	X				
<i>Lecanora helva</i>	X		X	X	
<i>Lecanora sp1</i>		X			X
<i>Lecanora sp2</i>					X
<i>Leptogium sp1</i>	X		X	X	
<i>Malmidea sp1</i>		X			
<i>Musaespora sp1</i>		X			
<i>Myriotrema erodens</i>	X	X			
<i>Ochrolechia tartarea</i>		X			
<i>Ochrolechia sp1</i>	X				
<i>Opegrapha varia</i>			X		X
<i>Opegrapha robusta</i>					X
<i>Opegrapha sp1</i>				X	
<i>Opegrapha sp2</i>		X			
<i>Physcia solediosa</i>		X	X	X	
<i>Physcia crispa</i>			X	X	
<i>Physcia pachyphylla</i>				X	X
<i>Platygramme caesiopruinosa</i>		X			
<i>Platythecium sp1</i>	X				
<i>Pyrenula dermatodes</i>	X				
<i>Pyxine cocoes</i>			X		
<i>Trypethelium eluteriae</i>		X			
<i>Rimelia reticulata</i>	X				
<i>Telochistes flavicans</i>	X				
<i>Usnea sp1</i>	X				
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

#### 8.4 Teoría de Biografía de islas en líquenes epífitos de San Salvador.

Se identificaron 46 especies de líquenes epífitos en islas de hábitats y de 11 a 20 especies por isla de hábitat. No se encontraron diferencias significativas en la riqueza de líquenes con relación al tamaño de las islas de hábitats ( $f=0.11$ ,  $p>0.05$ ), ni tampoco la distancia ( $f=0.22$ ,  $p>0.05$ ); ni en la conjugación tamaño-distancia de islas de hábitat de San Salvador ( $f=0.26$ ,  $p>0.05$ ) (tabla 7).

**Tabla 7.** Diferencia de riqueza según tamaño y distancia de las islas de hábitats en San Salvador.

	<b>SS</b>	<b>Degr. of</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P_valor</b>
<b>Intercepto</b>	266.0148	1	266.0148	50.96999	0.000000
<b>Tamaño</b>	0.6259	1	0.6259	0.11993	0.731698
<b>Distancia</b>	1.2000	1	1.2000	0.22993	0.635302
<b>Tamaño*Distancia</b>	6.8481	1	6.8481	0.261703	0.461703



## IX DISCUSIÓN.

### 9. 1 Composición líquénica de las islas de hábitat.

En el análisis de los datos de composición de líquenes epífitos obtenidos en las islas de hábitats de San Salvador, se tiene que de un total de 117 muestras de talos líquénicos distribuidas en 9 ordenes y 19 familias; las familias más representadas en esta investigación fueron: Graphidaceae, Physciaceae, Parmeliaceae y Lecanoraceae, las cuales han sido descritas por Rincon-Epitia (2011) como familias abundantes en el Neotrópico.

Las familias Parmeliaceae y Physciaceae, son representadas por líquenes foliosos, que se desarrollan muy bien en bosques de elevaciones medianas y en micrositios abiertos (Aguirre 2008). En cuanto a la familia Graphidaceae se caracteriza por la presencia de líquenes crustáceos tropicales, que dominan las comunidades de líquenes desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2000 m de altura (Lücking *et al.* 2008; Lücking & Rivas-Plata, 2008) y la familia Lecanoraceae que se caracteriza por su amplia distribución y por la dominancia de especies de talo crustáceos, que frecuentemente colonizan sobre la corteza de árboles más o menos acidas (Marcos 1989).

Los líquenes epífitos con mayor frecuencia en las islas de hábitat de San Salvador son de tipo crustáceo, siendo los siguientes géneros: *Lecanora* y *Amandinea* o bien son foliosos de lóbulos estrechos como: *Dirinaria* o *Physcia*, Pinho *et al.* (2004) sugieren que los líquenes foliosos con lóbulos amplios; es decir con mayor volumen, son más sensibles y menos tolerantes a la contaminación. Vokou *et al.* (1999) observaron el mismo comportamiento en *Physcia* y *Lecanora* de talos con menor superficie de exposición, que en consecuencia son señaladas como géneros capaces de prevalecer en sitios altamente contaminados.

En las islas de hábitat se ha observado un escenario que concuerda con lo anterior, por lo que se sugiere que la contaminación atmosférica puede estar afectando la presencia de especies de líquenes con talos de tipo foliosos y favorecer la presencia de especies de líquenes epífitos crustáceos o de tipo foliosos de lóbulos pequeños en las islas de hábitats en San Salvador.

Kavacs (1992) realiza grandes contribuciones ecológicas acerca de los líquenes epífitos, al clasificarlos por su tolerancia a sustancias ambientales tóxicas y su preferencia por los cambios de pH en el sustrato. Colocando a *Physcia* como especie de sustratos alcalinos o neutros y tolerante a la toxicidad; de áreas secas y cálidas, pero que también puede colonizar áreas frías y húmedas, aunque en estos sitios se vuelven menos tolerantes.

Las características de *Physcia* le confieren la capacidad de colonizar una diversidad de sustratos a diferencia de otras especies de líquenes, lo cual explica su representatividad y abundancia de talos en los forófitos de las islas hábitat de San Salvador.

### **9.2 Formas de vida.**

Las formas de vida dominantes en las islas de hábitat fueron los líquenes con talos crustáceos, lo mismo ha sido reportado por otros autores, y esto se debe a que en el sotobosque prevalecen condiciones de sombra y alta humedad, las cuales son desfavorables para líquenes de tipo folioso y Fructicosos.

Los líquenes crustáceos son abundantes y diversos en el sotobosque debido a que presentan estrategias morfológicas y fisiológicas que les permiten crecer bajo las condiciones limitantes de éste (Lakatos 2006). Morfológicamente, pueden evitar las condiciones de suprasaturación de agua del talo; consecuencia de la alta humedad, mediante la presencia de paredes hidrófobas en las hifas del micobionte. Fisiológicamente, la fotosíntesis está adaptada a las bajas intensidades de luz del sotobosque y es rápidamente activada con las fluctuaciones de luz (Lakatos 2006).

### **9.3 Diversidad alfa y beta.**

La diversidad encontrada fue mayor en la isla de hábitat grande cerca (Parque del Bicentenario), es importante mencionar que tiene valores más altos en cuanto a riqueza de especies de líquenes epífitos, y la manera en que las abundancias de estas especies se encuentra distribuida son altamente equitativas (86%), por consiguiente, existe una baja dominancia de especies de líquenes (9%). Se ha descrito que los factores más influyentes en la diversidad de las especies de líquenes son: la calidad del hábitat (Belinchón et al 2009) y el microclima; entendido como: la temperatura, humedad y luz (Barreno y Pérez-Ortega 2003).

En particular para esta isla de hábitat se encontró que estuvo dominada por especies de la familia *Graphidaceae*; Komposch y Hafellner (2003) obtuvieron resultados similares, sugiriendo una amplia plasticidad ecológica dentro de la familia. A pesar que se observó una baja dominancia de alguna especie de líquen epifito en particular, se observó que las especies más abundantes fueron: *Platygramme caesiopruinosa*, *Physcia solediosa* y *Amandinea sp.*; especies con amplia distribución y propias de los trópicos (Etayo 2010). Además *Physcia* y *Amandinea* son reconocidas como especies tóxico tolerantes, frecuentes en ambientes urbanos (Nimis 2002).

Sin embargo, caso contrario se observó en las Isla de hábitat Grande-lejos (Universidad de El Salvador), en donde se registró una baja biodiversidad en relación a las demás islas de hábitat muestreadas, y una equitatividad de las especies de líquenes epifitos media, lo cual sugiere que al menos la mitad de las de las especies de líquenes epifitos tienen tamaños de talos similares, sin embargo los valores altos de dominancia, sugieren que los talos de líquenes restantes son variables en cuanto al tamaño, donde las especies más abundantes fueron: *Physcia pachyphylla*, *Dirinaria picta* y *Opegrapha robusta*, géneros como *Physcia* y *Dirinaria*, son reconocidos por encontrarse en ambientes perturbados, debido a que tienen una alta resistencia a la contaminación ambiental (Pinho *et al.* 2004).

La diversidad de especies de líquenes epifitos en las islas de hábitat pequeñas tuvo el mismo comportamiento, pues se registró una mayor diversidad en la isla hábitat cercano y una más baja para la isla hábitat lejana. La familia Physciaceae fue la dominante en ambos sitios, caracterizada por géneros de amplia distribución y con una alta capacidad de soportar ambientes perturbados y contaminados Pinho *et al.* (2004).

El análisis de diversidad Beta mostró bajos valores de similitud entre las islas de hábitat estudiadas y la fuente. Se observó que la similitud entre islas de hábitat también tiene valores bajos, sin embargo, las islas de hábitat más parecidas son la pequeño-cerca y pequeño-lejos, siendo la más próxima a éstas la isla de hábitat grande-lejos.

Con base a los resultados obtenidos se sugiere que la diversidad de especies de líquenes disminuye, porque hay una sustitución de algunas especies de líquenes propias de ambientes naturales, propiciando un aumento en la cubierta de algunas especies principalmente tolerantes o resistentes a las nuevas condiciones ambientales desfavorables.

#### 9. 4 Biogeografía de islas en líquenes epífitos.

El análisis de resultados obtenidos en el inventario realizado en cuatro islas de hábitats: Grande-Cerca (Parque del Bicentenario), Pequeño-Cerca (Parque Maquilishuat) Pequeño-Lejos (Parque Infantil) y Grande-Lejos (Universidad de El Salvador) mediante la Teoría de Biogeografía de islas (MacArthur y Wilson 1967) para explicar los patrones de diversidad de líquenes epífitos en los parches de hábitat en ecosistemas fragmentados, se tiene en principio que no se encontraron diferencias significativas en la riqueza de líquenes epífitos, ya que no mostraron variación por la interacción entre tamaño, distancia; ni en la conjugación tamaño-distancia, entre las islas de hábitats.

Las islas de hábitats estudiadas permiten establecer que probablemente el tamaño de las islas de hábitats en San Salvador por sí mismo, no es un factor influyente en la riqueza de los líquenes epífitos, tal como sugiere Juriado *et al* (2006), quienes plantearon que el área de las islas tiene un efecto significativo principalmente sobre la riqueza de líquenes que crecen en el suelo y en troncos muertos, y esto está vinculado a que estos grupos de líquenes necesitan estabilidad en el suelo para establecerse. Según los mismo autores, las islas de mayor tamaño tienden a ser más estables en términos de características del suelo y esto permite la colonización por parte de los líquenes. Esto implica que el área de las islas de hábitat no limita la colonización de líquenes epífitos en este estudio, ya que su establecimiento no depende directamente de la estabilidad del suelo como sustrato, lo cual sugiere que; el tamaño de las islas hábitat puede ejercer influencia solo para líquenes del suelo y no así para líquenes epífitos.

La distancia de las islas de hábitat tampoco mostró influencia sobre la variación en la riqueza de líquenes epífitos en la presente investigación. Belinchón *et al.* (2009), llevaron a cabo un estudio centrado en el efecto de la fragmentación de *Fagus sylvatica* (hayedos) y *Quercus pirenaica* (roble) en el centro de España sobre las poblaciones de *Lobaria pulmonaria*, en donde los hallazgos de su estudio no revelaron un efecto atribuible a las variables habituales en los procesos de fragmentación, tales como: la reducción del área (tamaño del fragmento) y aislamiento de los fragmentos; los resultados de otros estudios llevados a cabo en comunidades líquénicas de 306 fragmentos de *Quercus ilex* (encino) y *Quercus faginea* (quejigares) en el centro de la

Península Ibérica, por Aragón *et al.* (2010), concuerdan con Belinchón *et al.* (2009); en que las variables relacionadas con la fragmentación del paisaje no ejercen una influencia significativa en la riqueza y composición de las comunidades líquénicas.

Por otra parte se ha encontrado que las variaciones en la riqueza de las especies de líquenes epífitos pueden ser atribuibles: a los cambios microclimáticos asociados a la reducción del tamaño del fragmento (Belinchón *et al.* 2009; Aragón *et al.* 2010), a la calidad del hábitat (entendida como longevidad de los árboles, tipo de bosque, cambios en las condiciones microclimáticas del interior del fragmento) (Belinchón *et al.* 2009), la longevidad de los fragmentos de bosque representado por el diámetro de los árboles (Keymer *et al.* 2000 y Snäll *et al.* 2003), a la riqueza de especies de forófitos (Ames 2012) y a la humedad (Belinchón *et al.* 2007) pueden ser aspectos más determinantes para la riqueza de comunidades líquénicas, que el tamaño o la distancia entre islas de hábitat.

## IV. CONCLUSIONES

Se concluye que los líquenes epifitos estudiados en las islas de hábitat de San Salvador, no se comportan de acuerdo a teoría de Biogeografía de islas, es decir que la distancia y el tamaño de las islas de hábitat, no mostraron una influencia significativa en los valores de riqueza de las especies de líquenes epifitos en los sitios en estudio.

De un total de 117 muestras de talos liquénicos, se reportan 9 órdenes, 19 familias, 33 géneros y 46 especies de líquenes epifitos de los cuales 17 son nuevos registros para el país.

Las familias más representativas en las islas de hábitat de San salvador fueron: Physciaceae, Graphidaceae, Lecanoraceae y Parmeliaceae, caracterizadas por ser abundantes en los trópicos y por tener un número considerable de géneros con tipos de vida foliosos y crustáceos.

Las formas de vida dominantes en las islas de hábitat fueron los líquenes con talos crustáceos, los cuales son dominantes en el sotobosque debido a las condiciones de sombra y alta humedad que lo caracterizan.

La isla de hábitat con mayor riqueza de líquenes epifitos es la Grande-cerca (Parque Bicentenario) con un registro de 20 especies; y la menor riqueza en la isla hábitat Pequeño-cerca (Parque Maquilishuat) con 11 especies; por otro lado la isla hábitat pequeño lejos obtuvo los valores más alto de cobertura total en centímetros cuadrados ( $1361.1 \text{ cm}^2$ ) y la isla de hábitat Grande-cerca (Parque del Bicentenario) obtuvo el valor más bajo de coberturas ( $733.2 \text{ cm}^2$ ).

Se determinó que la mayor diversidad de líquenes epifitos fue en la isla de hábitat grande cerca (Parque del Bicentenario) y una baja biodiversidad para la Isla de hábitat Grande- lejos (Universidad de El Salvador).

La diversidad Beta mostró bajos valores de similitud entre las islas de hábitat estudiadas y la fuente. Se observó que la similitud entre islas de hábitat también tiene valores bajos, sin embargo, las islas de hábitat más parecidas son la pequeño-cerca y pequeño-lejos, siendo la más próxima a éstas la isla de hábitat grande-lejos.

## **X. RECOMENDACIONES**

Ampliar el estudio de los patrones de diversidad de líquenes epifitos en islas de hábitat; tomando en cuenta otras variables como: los cambios microclimáticos, la calidad del hábitat, la longevidad de los fragmentos de bosque representado por el diámetro de los árboles, la riqueza de especies de forófitos, las diferentes alturas de los sitios de muestreo sobre el nivel del mar y la humedad.

Continuar con este tipo de estudio que proporcione conocimiento acerca del comportamiento de la biodiversidad de líquenes epifitos, para comprender mejor el comportamiento de los líquenes en el trópico.

Realizar estudios que permitan evaluar la sustitución de algunas especies de líquenes propias de ambientes naturales, por especies tóxicotolerantes.

Realizar biomonitoreo de la contaminación del aire en zonas urbanas, a través de los líquenes.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-C, J. 2008. Diversidad y Riqueza de líquenes en Colombia. En: J. O. Rangel-Ch. (ed.) Colombia Diversidad Biótica VI Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 598 p.
- Ames S., K. Pischke , N. Schoenfuss , Z. Snobl , J. Soine , E. Weiher , and T. Wellnitz. 2012. Biogeographic patterns of lichens and trees on islands of the Boundary Waters Canoe Area Wilderness. BIOS 83(4):145-154
- Aragón G., Martínez I., Izquierdo P., Belinchón R., Escudero A. 2010. Effects of forest management on epiphytic lichen diversity in Mediterranean forests. Applied Vegetation Science 13:183-194.
- Barreno, E. and S. Pérez-Ortega. 2003. Los líquenes y el medio. 30p
- Belinchón, R., I. Martínez, M.A. G. Otálora, G. Aragón, J. Dimas and A. Escudero. 2009. Fragment quality and matrix affect epiphytic performance in a Mediterranean forest landscape. American Journal of Botany 96(11): 1974–1982.
- Brodo, I. 2001. Lichens of North America. Unites states of America. Yale University.795.
- Calatayud, V.,J. M. Corrales and S. Hernández. 2010. Líquenes del parque nacional de monfragüe. 17p
- Cáceres M. E. S., R. Lücking and, G. Rambold. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. Mycol Progress 6: 117-136
- Calderon, S., and P.C. Standley. 1941. Flora Salvadoreña, listado preliminar de plantas de El Salvador. 450p
- Cook W. M., K. T. Lane, B. L. Foster y R. D. Holt. 2002. Island theory, matrix effects and species richness patterns in habitats fragments. Ecology Letters 5: 619-623.
- Conti, M.E. y Cecchetti, G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – A review. Environmental Pollution 114: 471-492.



- Diamond J.M.1969. Avifaunal Equilibria and Species Turnover Rates on the Channel Islands of California. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 64: 57-63.
- Degelius, G. 1974. The Lichen genus *Collema* with special reference to the extra-european species. Symb. Bot. Upsal. 20(2): 215
- Etayo. E. 2010. Líquenes y hongos liquenícolas de Aragón. Guineana vol 16.
- Guderley, R.1999. Die *Lecanora subfusca*-Gruppe in Sud-and Mittelamerika. J. Hattori Bot.Lab. 87:131-257
- Hale, M.E. 1965. A monograph of *Parmelia* subgenus *Amphigymnia*. Contr.U.S.Natl.Herb.36(5):193-358, pl. 1-16.
- Juriado I., A. Suija y J. Liira. 2006. Biogeographical determinants of lichen species diversity on islets in the West-Estonian Archipelago. Journal of Vegetation Science 17: 125-134.
- Kavacs, M. 1992. Biological indicators in environmental protection, Ellis Horwood in environmental management. Science and technology. 43 (7): 64-74.
- Keymer, J. E., P. A. Marquet, J. X. Velasco-Hernández, and S. A. Levin. 2000. Extinction thresholds and metapopulation persistence in dynamic landscapes. American Naturalist 156: 478 – 494.
- Komposch, H. and J. Hafellner. 2003. Species composition of lichen dominated corticolous communities: a lowland rain forest canopy compared to an adjacent shrubland in Venezuela. Bibl Lichenol 86: 351–367.
- Lakatos M, Rascher, U Büdel B. 2006. Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. New phytologist 172: 679–695.
- Laurance W.F. 2008. Theory meets reality: How habitats fragmentation research has transcended island biogeography theory. Biological conservation 141: 1731-1744
- Lie, M. H., U. Arup, J. A. Grytnes and M. Ohlson. 2009. The importance of host tree age, size and growth rate as determinants of epiphytic lichen diversity in boreal spruce forests. Biodivers Conserv 18:3579–3596
- Lücking R. 1997. Estado Actual de las investigaciones sobre líquenes folícolas en la región Neotrópica, con un análisis biogeográficos preliminar. Trop, Bryol. 13: 87 - 114.

- Lücking R. y K. Kalb. 2001. New Caledonia, foliicolous lichens and island biogeography. *Bibliotheca Lichenologica* 78: 247-273.
- Lücking, R. 2008. Follicolous Lichenized Fungi. Organization for Flora Neotropica by the New York Botanical Garden Press. 103.
- Lücking, R. and E. RivasPlata. 2008. Clave y Guía Ilustrada para géneros de *Graphidaceae*. *Glalia* 1: 1-41
- Lücking, R., J.L. Chaves, H.J.M. Sipman, L. Umaña, and A. Aptroot. 2008. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Graphis*, with notes on the genus *Hemithecium* (Ascomycota: Ostropales: *Graphidaceae*). *Fieldiana (Botany)*, New series 46: 1-131.
- Nelsen, M. P., Lücking, R., Andrew, C. J., Rivas Plata E., Chaves, J. L., Cáceres, M. E. S. & Ventura, N.(2012) Dismantling Herpothallon: *Herpothallon antillarum* (Arthoniomycetes: Arthoniaceae) is a member of the genus *Diorygma* (Lecanoromycetes: Graphidaceae). *Bryologist* 115: 313–321.
- MacArthur, R. H. and E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography* Princeton University Press, Princeton. 224 p.
- Marbach, B. 2000. Corticole and lignicole Arten der Flechtengattung *Buellia* sensu lato in den Subtropen and Tropen. *Biblioth. Lichenol.* 74: 1.384
- Marcos L, B. 1989. Sobre algunos lecanoráceos (líquenes) epífitos salmantinos. *Anales Jará. Bot. Madrid* 46(1): 333-337.
- Motyka, J. 1936-1938. *Lichenum Genus Usnea Studium Monographicum. Pars systematica* [Lwow] 1:1-304 b1936), 2(1:305-560 1937); 2(2:561-651, i-iv
- Morales, E. A., R. Lücking and R. Anze. 2009. Una Introducción al Estudio de los Líquenes de Bolivia.
- Nimis, P., Scheidgger, C., Wolseley, P. 2002. Monitoring with lichens monitoring lichens. *Nato Science* 7 (4): 408.
- Nowak, R. and S. Winkler. 1972. Follicole Flechten von El Salvador, C.A. *Revue Bryol. Lichenol.*, N.S. 38:269-279
- Pinho, P., S. Augusto, C. Branquinho, A. Bio, M.J. Pereira, A. Soares & F. Catarino. 2004. Mapping Lichen Diversity as a First Step for Air Quality Assessment. *Journal of Atmospheric Chemistry* 49: 311-389.

- Quinn J.F. y S.P. Harrison. 1988. Effects of habitats fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. *Oecologia* 75: 132-140.
- Quintanilla A., C. Iglesias y R. Sierra. 2006. Identificación de las especies de líquenes consideradas bioindicadoras de la calidad del aire en cuatro sitios de San Salvador, a través de la determinación de metales pesados en sus talos. *Trab. Grad. Lic en Biología. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador*
- Reznik, H. and F. Weberling. 1963. Flechten aus El Salvador and Honduras. *Nova Hedwigia* 6(1-2):219-231
- Rincon-Epitia A. 2011. Líquenes corticícolas en el caribe colombiano. *Caldasia* 33(2): 331-342.
- Santesson, R. 1952. Follicolous lichens I. A revision of the taxonomy of the obligately follicolous, lichenized fungi. *Symb. Bot. Upsal.* 12(1:1-590, pl.1
- Sillett, C.S., B. Mccune, J. E. Peck, T. R. Rambo, and A. Ruchty. 2000. Dispersal limitations of epiphytic lichens result in species dependent on old-growth forests. *Ecological Applications*.10(3): 789–799
- Sipman, H. 2001. Listado Básico de la Flora Salvadorensis. *Cuscatlania* 1 (11): 34
- Sipman, H. J. M. 2004. Survey of *Lepraria* like lichens with lobed thallus margins in the tropics. *Herzogia* 17: 23–35.
- Snäll, T., Ribeiro, P.J., Rydin, H. 2003. Spatial occurrence and colonisations in patch-tracking metapopulations: local conditions versus dispersal. *Oikos* 103:566-578.
- Standley, P. C., and S. Calderon. 1925. Lista preliminary de las plantas de El Salvador. San Salvador. 274 p.
- Umaña, L., and H. Sipman. 2002. Líquenes de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad; INBio. 155p
- Vokou, D. S.A. Pirintsos & S. Loppi. 1999. Lichens as bioindicators of temporal variations in air quality around Thessaloniki, northern Greece. *Ecological Research* 14:89-96.

## XII. ANEXOS

### Anexo 1: Clave de líquenes epifitos de San Salvador.

Elaborado por: Cristina Patricia Vásquez Martínez.

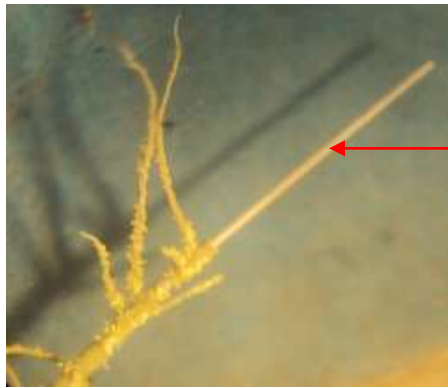
Fotografías por: Cristina Patricia Vásquez Martínez

#### CLAVE DE GÉNEROS.

- ✓ Talo con ejes ramificados en forma de arbustos o lóbulos, estrechos y alargados que se fijan al sustrato por medio de una base estrecha. Los lóbulos pueden ser cilíndricos o aplastados, de organización radial o raramente dorsiventral ..... **Líquenes frusticulosos**
- ✓ Talo con lóbulos, parcialmente adherido al sustrato, con superficie superior e inferior ..... **Líquenes foliáceos**
- ✓ Talo con aspecto de costra, en estrecho contacto con el sustrato, sin corte inferior; por estar totalmente adherido al sustrato, por medio de médula o de hipotálamo, puede estar sobre (epi) o dentro (endo-) del sustrato..... **Líquenes crustáceos**
- ✓ Talo en forma de escamas que se separan del sustratos por los márgenes..... **Líquenes escumulosos**

#### LÍQUENES FRUSTICULOSOS

- 1a** Talo con ramas cilíndricas..... 2
- 1b** Talo con ramas aplanadas..... 4
- 2a** Talo con ramas huecas..... 4
- 2b** Talo con ramas solidas..... 3
- 3a** Talo con eje central elástico..... **Usnea**
- 3b** Talo sin eje central elástico..... 4



Eje central elástico.

**Figura 1:** *Usnea*: liquen frusticuloso de ramas cilíndricas o angulares, con eje central elástico.

- 4a Reacción K<sup>+</sup>.....*Teloschistes*
- 4b Reacción K<sup>-</sup>..... **Otro género**



Ramas aplanadas.

**Figura 2:** *Teloschistes*: Talo formado por ramas aplanadas de color amarillo.

**LIQUENES FOLIÁCEOS**

- 1a Talo gelatinoso cuando húmedo y de color verde oscuro..... *Leptogium*
- 1b Talo no gelatinosos cuando húmedo y de color diferente.....2



**Figura 3:** *Leptogium*: Talo folioso en época seca, cuando húmedo talo gelatinoso (fotografía tomada en época lluviosa)

- 2a** Talo de color amarillo.....*Candelaria*
- 2b** Talo de color gris a gris-verduzco.....3
  
- 3a** Lóbulos pequeños a medianos.....4
- 3b** Lóbulos medianos a grandes..... *Canomaculina*
  
- 4a** Con o sin maculas .....*Canoparmelia*
- 4b** sin maculas.....5
  
- 5a** Con rizinas.....6
- 5b** Sin rizinas.....*Dirinaria*
  
- 6a** Con cilios..... *Heterodermia*
- 6b** Sin cilios.....7
  
- 7a** Con corteza superior paraplectenquimática.....*Physcia*
- 7b** Sin corteza superior paraplectenquimática..... 8



**Figura 4:** *Physcia*: superficie inferior con corteza y rizinas.

- 8a** Ascosporas simples y hialinas.....*Rimelia*
- 8b** Ascosporas septadas (1 a 3 septos) y cafés.....*Pyxine*



Rizinas  
simples

Figura 5: *Rimelia*: superficie inferior con rizinas simples.



Apotecios  
Lecideinos

Figura 6: *Pyxine*: apotecios lecideinos, con pigmentación de color negro.

## LIQUENES CRUSTÁCEOS

Con talos de color gris, blanco, verde a cafés, con o sin corteza:

- 1a Con isidios.....*Cryptothecia*  
 1b Sin isidios..... 2

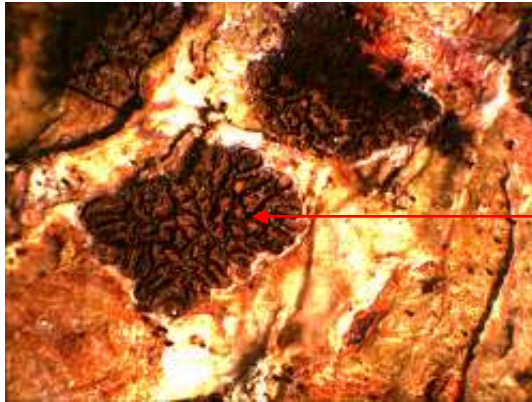


Talo con Isidios

Figura 7: *Cryptothecia*: talo con isidios frecuentemente

<b>2a</b> Con apotecios.....	5
<b>2b</b> Sin esas características.....	3
<b>3a</b> Con peritecios.....	12
<b>3b</b> Sin esas características.....	4
<b>4b</b> Con lírelas.....	23
<b>4a</b> Sin lírelas.....	1
<b>5a</b> Apotecios zeorinos inmersos o no.....	11
<b>5b</b> sin esas características.....	6
<b>6a</b> Apotecios biatorinos.....	17
<b>6b</b> sin esas características.....	7
<b>7a</b> Apotecios lecanorinos.....	10
<b>7b</b> sin esas características.....	8
<b>8a</b> Apotecios lecideinos.....	16
<b>8b</b> Sin esas características.....	9
<b>9a</b> Apotecios agregados y redondos.....	<b><i>Glyphis</i></b>
<b>9b</b> Apotecios emarginados y maculiformes.....	<b><i>Arthonia</i></b>

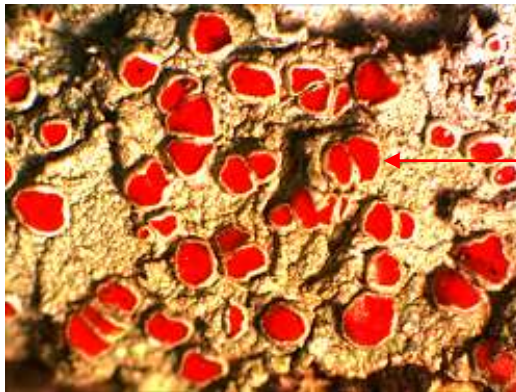




Apotecios agregados y redondo o con lírelas

**Figura 8 :** Apotecios agregados en pseudoestroma con lírelas o redondos, Ejemplo: *Glyphis*.

**10a** Disco rojo.....*Haematomma*  
**10b** disco de otro color.....15



Apotecios Lecanorinos

**Figura 9:** *Haematomma*: Apotecios de tipo lecanorinos, es decir con excípulo del apotecio del mismo color que el talo, tálino con disco de diferentes colores.

**11a** Prueba C<sup>+</sup> .....15  
**11b** Prueba C<sup>-</sup> .....14

**12a** Siempre Solitarios.....22  
**12b** Sin esas características.....13

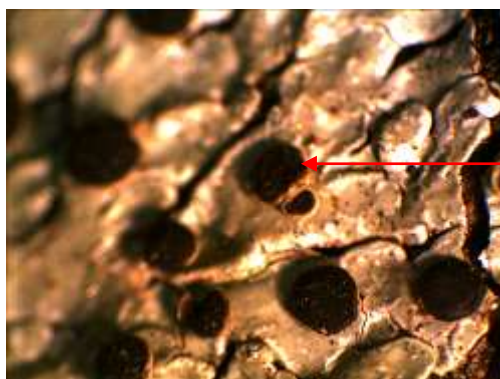
**13a** Agregado negros.....*Celothelium*  
**13b** Solitario o agregado negros .....30

**14a** Ascosporas septadas a muriformes.....21  
**14b** Sin esas características.....15

**15a** Ascosporas simples.....18  
**15b** Sin esas características.....16

**16a** Ascosporas siempre con 1 septo..... *Amandinea*

16b Ascosporas sin esas características.....17



Apotecios  
Lecideino

Figura 10: Apotecios de tipo lecideinos es decir sin margo tálino y carbonizado, en géneros como: *Pyxine* y *Amandinea*.

17a Ascosporas filiformes.....***Bapalmuia***

17b Sin esas características.....18

18a Ascosporas hialinas.....19

18b Ascosporas hialinas y K<sup>+</sup>.....***Malmidea***

19a Ascosporas hialinas y grandes.....***Ochrolechia***

19b Ascosporas hialinas y pequeñas.....***Lecanora***



Apotecios  
Zeorinos

Figura 11: *Ochrolechia*: apotecios de tipo Zeorino es decir un con margo tálino, propio, fino y diferenciado.

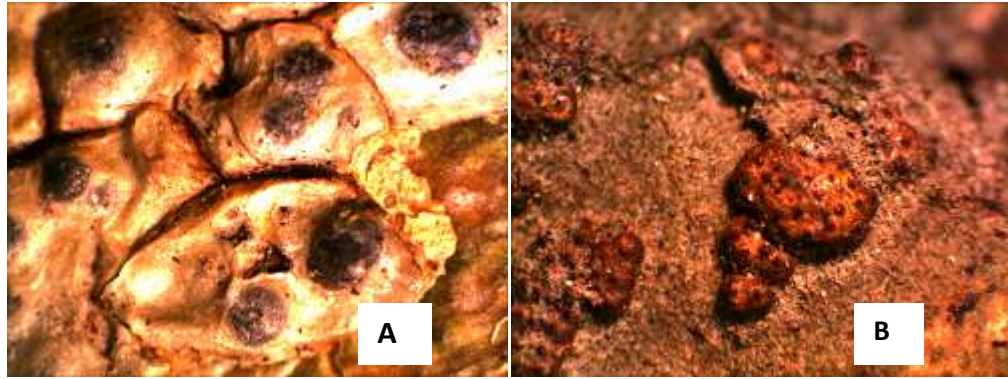
20a Prueba I<sup>-</sup>.....***Carbacanthographis***

20b Sin esas características.....25

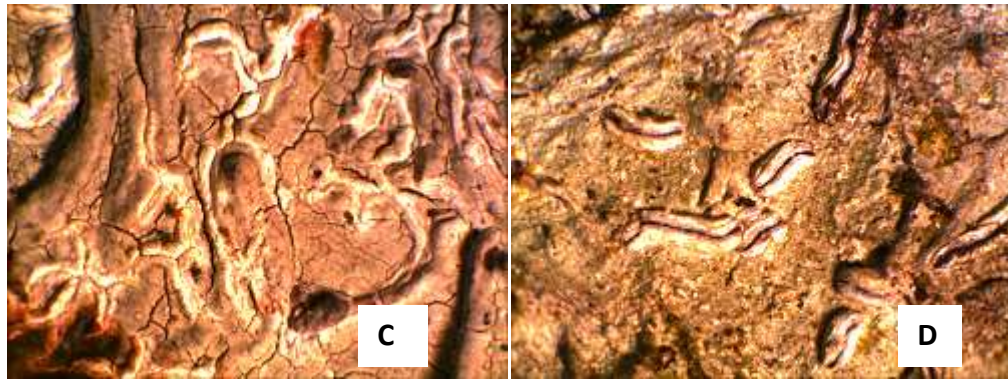
21a Paredes engrosadas y lúmenes redondos.....***Myriotrema***

21b Sin esas características.....16

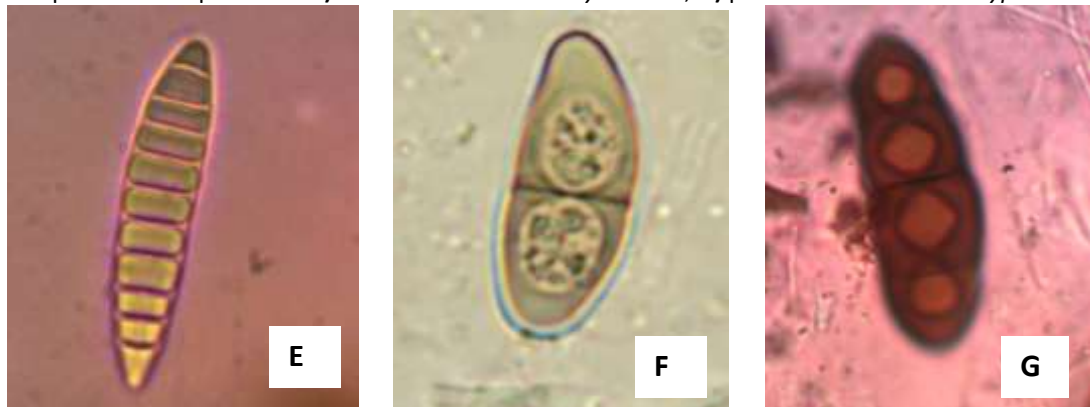
<b>22b</b> Paredes engrosadas y lúmenes irregulares.....	<b><i>Pyrenula</i></b>
<b>22b</b> sin esas características.....	12
<b>23a</b> Lírelas inmersas a proeminentes, fisurinas.....	<b><i>Fissurina</i></b>
<b>23b</b> sin esas características.....	24
<b>24a</b> Lírelas inmersas a sésiles.....	28
<b>24b</b> Lírelas proeminentes.....	27
<b>25a</b> Margen grueso, con pruina blanca.....	<b><i>Dyplolabia</i></b>
<b>25b</b> Sin esas características.....	28
<b>26a</b> Con célula supramediana alargada.....	<b><i>Opegrapha</i></b>
<b>26b</b> Diferente.....	<b><i>Graphis</i></b>
<b>27a</b> Ascosporas cafés.....	<b><i>Platygramme</i></b>
<b>27b</b> sin esas características.....	20
<b>28a</b> Margen fino a blanco.....	<b><i>Platythecium</i></b>
<b>28b</b> Sin esas características.....	26
<b>29a</b> Paredes engrosadas y lúmenes en forma de diamante.....	<b><i>Trypethelium</i></b>
<b>29b</b> Sin esas características.....	otro género
<b>30a</b> Solitario y cubierto por talo.....	<b><i>Musaespora</i></b>
<b>30b</b> Color negro y cubierto por talo.....	31
<b>31a</b> peritecios agregados en pseudoestroma.....	29
<b>31b</b> Sin esas características.....	32
<b>32a</b> Ascosporas 1-3 septos.....	<b><i>Anisomeridium</i></b>
<b>32b</b> sin esas características.....	Otro genero



**Figura 12:** Tipos de Peritecios: **A)** solitario como en *Pyrenula* y **B)** agregados como en *Trypethelium*.



**Figura 13:** Apotecios de tipo lírelas: **C)** inmersas como en *Platythecium*, **D)** prominentes como en *Dyplolabia*.



**Figura 14:** Tipos de esporas: **E)** *Trypethelium*: septadas y hialinas, **F)** *Physcia*: con un septo y de color marrón y **G)** *Pyrenula*: muriformes, con paredes engrosadas y lúmenes irregulares de color marrón oscuro