

**LÍQUENES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN EL SITIO DE
DISPOSICIÓN FINAL DESECHOS SÓLIDOS, ISLA SANTA CRUZ,
GALÁPAGOS.**

Daniel Vergara

E-mail: danielv2366@yahoo.com

Teléfono: 052 527-090

Telma Paredes

E-mail: telmabios@hotmail.com

Teléfono: 098647554

Walter Simbaña

Departamento de Botánica de la Fundación Charles Darwin

E-mail: walter@fcdarwin.org.ec

Teléfono: 093124646

RESUMEN

Los líquenes son reconocidos como organismos muy sensibles a los cambios en el ambiente debido a sus características fisiológicas y morfológicas, por esta razón han sido utilizados como bioindicadores de la calidad de aire. El presente documento detalla a ésta como la primera vez que se realiza en Galápagos un estudio utilizando líquenes como bioindicadores de contaminación, adoptando metodologías usadas en otros países y de fácil aplicación para realizar una valoración cualitativa de zonas degradadas. El estudio se realizó de marzo a mayo de 2005, en el sitio de disposición final de desechos sólidos, al norte de la Isla Santa Cruz.

Se establecieron 8 puntos de muestreo, y en cada uno se seleccionaron 5 árboles de *Bursera graveolens* "palo santo". En cada tronco (forófito) de estos árboles se midió la cobertura liquénica con ayuda de una malla cuadrículada de 1m² dividida en cuadrados de 1 dm². Se evaluó el estado de los líquenes en cuanto a color, textura y presencia de estructuras reproductivas. Los especímenes colectados para la identificación fueron procesados en el Herbario de la Estación Científica Charles Darwin (CDS) y un duplicado fue depositado en el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE). En total se registraron 325 especímenes, los mismos que están distribuidos en 16 familias, 26 géneros y 38 especies. La familia que presentó mayor riqueza fue Physciaceae con 9 especies.

Los sitios C1 y C2, expuestos directamente a la zona de quema de basura, presentaron menores porcentajes de cobertura de líquenes sobre troncos de *Bursera*: 4% y 6% respectivamente, igualmente menor riqueza y ausencia de especies liquénicas foliosas y fructicosas, que son más sensibles a cambios ambientales frente a las crustosas, que si se encontraron en estos sitios. Por otra parte, las áreas más alejadas de la zona de quema presentaron mayor cobertura de líquenes (C8 con 80% y C7 con el 94%) y riqueza de especies.

Se encontró una relación significativa fuerte entre la distancia de los árboles a la zona de quema y la cobertura liquénica que cubría sus troncos: a menor distancia a la zona de quema menor cobertura de líquenes en los troncos.

Se presentan como recomendaciones algunas pautas para continuar con el estudio a largo plazo.

ABSTRACT

Lichens are recognized as sensitive organisms due to their physiological and morphological characteristics, therefore they have been widely used as air quality

indicators. This study is the first of its kind in Galápagos, using lichens as pollution bio-indicators. A qualitative evaluation of the degraded zones was obtained through an easy-to-apply methodology used in other countries. This research project was carried out in the garbage site called "Landfill", on the Santa Cruz Island, Galapagos from March to May 2005.

Eight sampling points were selected on and near the site, and in each point, 5 trees of *Bursera graveolens*, the "incense tree", were chosen. The cover area of each foliose lichen species was measured using a 1m² mesh grid divided in squares of 1 dm². The state of lichens (color, texture, presence of reproductive structures) was evaluated. Specimens collected for identification were processed in the herbarium of the Charles Darwin Research Station (CDS) and a duplicate specimen was deposited in the National Herbarium of Ecuador (QCNE). In total, 325 specimens were collected which are distributed in 16 families, 26 genera and 38 species. The family presenting the highest specific richness is Physciaceae with 9 species.

The sites C1 and C2, directly exposed to the garbage burn zone, are those with the lowest percentage of cover, 4% and 6% respectively, and the lowest species richness. They were also characterized by the absence of foliose and fruticose species, which are in general more sensitive to air pollution, than crustose species. On the other hand, farther areas from the garbage burn zone presented high cover (C8 with 80% and C7 with 94%) and high species richness.

There was a strong significant relationship between two variables: the distance from every tree to the garbage burn zone and the lichens cover over its stem.

Several recommendations were given in order to continue this project on a long term.

INTRODUCCIÓN

Las Islas Galápagos son de gran interés para la conservación, debido a su alta proporción de especies endémicas como por ejemplo el caso de los pinzones de Darwin (Grant 1986), las tortugas gigantes, o las Asteraceae con el género *Scalesia*, endémico para Galápagos. El aislamiento geográfico por millones de años, permitió que en las Islas se produjera esta diversidad evolutiva y el endemismo de especies tanto vegetales como animales. La flora vascular nativa alberga 500 especies, de las cuales cerca de 180 (32%) son endémicas, 60 dudosamente nativas y alrededor de 550 especies han sido introducidas por el hombre (Tye 2003), de manera intencional o accidental, a partir de su descubrimiento en 1535.

Las condiciones inhóspitas de las Islas, la escasez agua dulce, el aislamiento, la distancia entre los principales trayectos comerciales y la ausencia de importantes recursos hizo demorar el establecimiento humano permanente, y en cierto modo han protegido las Islas (Mauchamp *et al.* 1998). Sin embargo, las condiciones han cambiado ahora, la tecnología ayudó a que los humanos se asentaran más fácilmente y un recurso nuevo apareció: el turismo. Todos estos factores han ocasionando cambios dramáticos en las Islas, incluyendo la fragmentación del hábitat por la creación de pueblos y áreas agrícolas, la explotación directa de ciertas especies nativas y el peor problema: la introducción de un gran número de especies nuevas de animales, plantas, pestes y enfermedades de plantas (Tye 2003). A ello se suma la influencia de frecuentes y mayores eventos naturales como erupciones volcánicas, fuegos naturales y ocurrencias de el Fenómeno de El Niño.

En Galápagos como en otros archipiélagos de reciente origen, los líquenes han desempeñado y desempeñan hasta la actualidad un rol fundamental como, formadores de suelo, condensadores de neblina (Follmann & Werner 1995; Méndez & Fournier 1980) y pioneros en los flujos de lava. Además, son

indicadores muy sensibles de condiciones ecológicas (Weber & Lanier 1977a) y de contaminación del aire. Las densidades poblacionales de los líquenes fluctúan de acuerdo a la presencia de factores hostiles en la atmósfera, ocasionando incluso su muerte (W. Simbaña *obs. pers.*, marzo del 2005). Cuando la contaminación atmosférica es baja se desarrollan normalmente y es común observarlos habitando sobre los troncos de árboles o rocas; al contrario, si la contaminación es alta sus densidades poblacionales tienden a disminuir o desaparecen por completo (Méndez & Fournier 1980). Esto se debe particularmente a las actividades ocasionadas por los seres humanos. En sistemas de islas oceánicas los impactos humanos son grandes y pueden ser muy rápidos (Mauchamp *et al.* 1998).

Según Weber (1986) la flora liquénica de Galápagos incluye 196 especies, de las cuales 11 (5%) aparentemente son endémicas. A pesar de encontrarse distribuidas en la mayoría de ambientes y considerando que dependen de la disponibilidad del sustrato adecuado y de las condiciones atmosféricas precisas para su supervivencia, los estudios relacionados con líquenes no han recibido atención por mucho tiempo (Follmann & Werner 1995), teniendo un reciente desarrollo (Weber & Lanier 1977a). Las razones de esta subestimación son: la fuerte atracción que ejercen la fauna y plantas vasculares de las Galápagos; las grandes dificultades para su identificación, por ser asociaciones simbióticas fuertemente cambiantes; y debido a que su importancia en el ecosistema y como insuperables bioindicadores no era bien conocida (Follmann & Werner 1995).

Mundialmente los líquenes están reconocidos como los organismos más sensibles frente a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica ya que presentan las siguientes características: 1) tienen un talo perenne que carece de cutícula, por tanto su superficie está constantemente abierta al paso de líquidos y gases durante toda su vida, la cual suele ser relativamente larga; 2) no existe una relación nutricional y son directamente independientes tanto del sustrato como de sus elementos; 3) son muy estenoicos, es decir, de requerimientos

ecológicos mínimos y precisos; 4) sumamente sensibles a los cambios que pueden producirse en el ambiente, ya que no disponen ni de aparato excretor ni mecanismos de defensa tan importantes como el control de su contenido de agua (son poiquilohidros), por lo que son capaces de concentrar y acumular distintos compuestos (entre ellos también los contaminantes atmosféricos) en su talo, a partir de soluciones muy diluidas (<http://es.geocities.com/ecored2000/liquen.html>).

Bajo este contexto, la presencia o ausencia de líquenes en una región es un elemento natural significativo que brinda información del estado de contaminación de la atmósfera (Méndez & Fournier 1980; Grüninger & Velarde 1985; Monge-Nájera *et al.* 2002).

Escasos documentos han sido publicados en Galápagos sobre (1) la introducción de la flora y vegetación líquénica (Stewart 1912; Weber & Lanier 1977a; Weber *et al.* 1977b; Weber 1984a; Weber & Gradstein 1984b; Follmann & Werner 1995), (2) la historia de exploraciones y colecciones botánicas de líquenes (Slevin 1959; Hooker 1846; Farlow 1902; Wiggins & Porter 1971), (3) sobre el efecto del fenómeno de El Niño (Weber & Beck 1986) y taxonomía (Weber 1986; Weber & Lanier 1977a), pero ningún trabajo se ha enfocado sobre los líquenes como indicadores de contaminación.

En el presente documento, evaluamos y comparamos la flora líquénica en el sitio de deposición final de desechos sólidos de la isla Santa Cruz con la flora de áreas no utilizadas para esta actividad. Por tanto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) Diagnosticar el estado de la biota líquénica, como consecuencia de la instauración del sitio de deposición final de desechos, en una de las Zonas de Uso Especial (ZUE) del Servicio Parque Nacional Galápagos (SPNG), en la Isla Santa Cruz; 2) Presentar las pautas de distribución de líquenes en el área de estudio; 3) Aportar con un conocimiento

básico pero relevante que facilite las tareas de manejo, restauración y conservación del área degradada.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO. El Archipiélago de Galápagos situado a unos 1000 km de la costa oeste del Ecuador Continental, comprende 14 islas mayores, numerosos islotes pequeños y promontorios rocosos (Ziegler 1995), todos de origen volcánico. La superficie total del Archipiélago es aproximadamente 8.000 km², diseminados en 45.000 km² de matriz oceánica (Jackson 1997). La Isla Santa Cruz está localizada en la zona central del Archipiélago (Figura 1). Ocupa un área de 986 km², y su altura máxima es 864 m (Black 1973; Wiggins & Porter 1971), correspondiente al Cerro Crocker. Geológicamente Santa Cruz está formada de dos partes claramente diferenciadas: la más grande y joven es un ancho escudo de lava basáltica, superados por conos de escoria jóvenes; la parte más antigua es una estrecha franja a lo largo de la costa noreste, y consiste de levantamientos de flujos de lava submarina y tufos con fosilíferas piedras calizas (McBirney & Williams 1969).

Los mayores cambios en vegetación ocurren a lo largo de la gradiente elevación-clima (Stewart 1911; Wiggins & Porter 1971; Hamann 1981). Por su altura y exposición de manera directa a los vientos del sur y sureste, Santa Cruz tiene la totalidad de las zonas de vegetación descritas por Wiggins & Porter (1971), para las Galápagos. Las condiciones climáticas son muy variables, reflejándose en la distribución de los tipos de vegetación en la Isla (Hamann 1981). La Tabla 1 muestra los datos de las Estaciones Meteorológicas de la Estación Científica Charles Darwin (ECCD).

Tabla 1. Condiciones climáticas de la Isla Santa Cruz (Estación Científica Charles Darwin 2000).

Estación Cálida y Lluviosa		Estación Fría y Seca	
Zona seca	Zona húmeda	Zona seca	Zona húmeda
126.6 mm anuales	372.4 mm	61.4 mm	425.2 mm
25.4 °C como promedio	24.3 °C	21.9 °C	20.3 °C

De las islas habitadas, Santa Cruz es la más poblada. Debido a la colonización activa que ha sufrido (desde 1920), la flora de algunas áreas ha cambiado su estado original, particularmente por la presencia de organismos introducidos, y de la actividad agrícola. Los cambios de la flora son evidentes en las áreas agrícolas (Tye 2002), pero también dentro de los límites del SPNG (Hamann 1981; Black 1973), cuya superficie terrestre total corresponde al 96.7% del área de Galápagos.

Sitios específicos. El trabajo de campo se llevó a cabo del 21 de marzo al 4 de abril del 2005, en tres sitios, próximos a la vía que conduce de Puerto Ayora al Canal Itabaca, al norte de Santa Cruz (Figura 1). Las áreas seleccionadas se encuentran dentro de las Zonas de Uso Especial (ZUE) del SPNG. La primera, localmente conocida como sitio final de desechos sólidos o basurero "Landfill" (00°35'03.0"S, 90°21'21.3"W), está ubicada a 500 m al oeste de la carretera, y se halla dentro de la subzona de Infraestructura e Instalaciones, destinada al uso y extracción de recursos y la utilización de espacios físicos (Moore *et al.* 1996). Esta área fue entregada al Gobierno Municipal de Santa Cruz en comodato, tras un estudio previo realizado en 1995 sobre el manejo integral de basura; este depósito de residuos recibe 9.2 toneladas diarias (W. Ramos *com. pers.*, mayo del 2005).

Por otra parte, la segunda área (C7) (00°35'13.5"S, 90°21'02.0"W) está a 0.5 km al norte del basurero y 80 m al oeste de la carretera. Finalmente, la tercera (C8) (00°35'06.2"S, 90°21'06.4"W), a 0.7 km al norte del basurero y 150 m al este de la carretera.

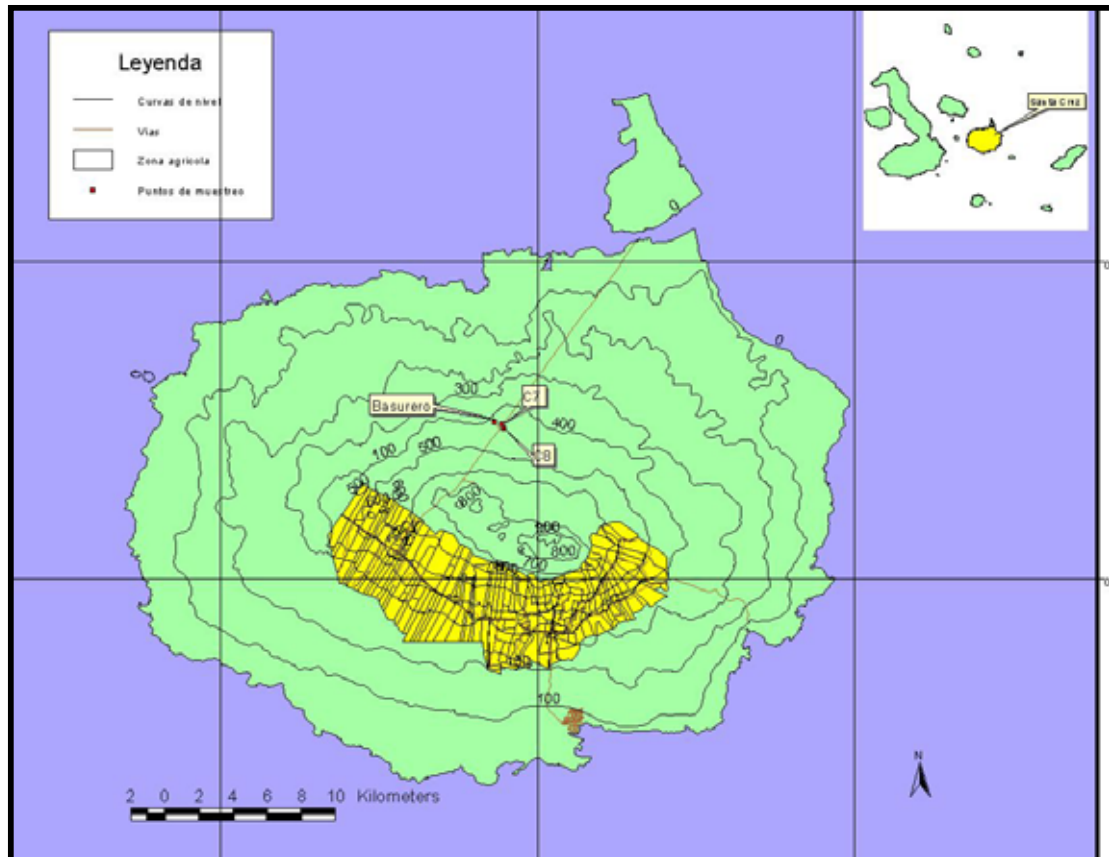


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio en la Isla Santa Cruz, Galápagos.

De acuerdo a Wiggins & Porter (1971), las áreas corresponden a la Zona de Vegetación de Transición, comprendida entre 270-350 msnm. Es un bosque seco, deciduo, con un dosel relativamente cerrado de 5-10 m de alto. La vegetación más dominante está representada por árboles de *Bursera graveolens*, *Piscidia carthagenensis*, *Pisonia floribunda* y *Zanthoxylum fagara*.

METODOLOGÍA. Previo al trabajo de campo realizamos una revisión sistemática, de toda la información disponible, sobre la flora líquénica, en el Departamento de Botánica y biblioteca de la ECCD; informes y datos de publicaciones inéditas; base de datos de la Flora de Galápagos y especímenes del Herbario de la Estación Científica Charles Darwin (CDS); mapas de distribución y un reconocimiento previo de las áreas de estudio.

Se establecieron ocho cuadrantes de 10 x 10 m, cuyas esquinas se marcaron con cintas. Los cuadrantes fueron divididos de la siguiente manera: seis en el basurero y dos aproximadamente a 1 km al norte del basurero (Figura 1, Anexo 3). Las coordenadas geográficas de los sitios fueron registradas utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) del tipo Garmin 12CX. Luego transferimos los datos al Sistema de Información Geográfica (SIG), diseñado en Arc Wiew 3.2, para la respectiva mapificación y codificación (Anexo 1).

Evaluación de la flora liquénica. Con el objetivo de determinar el daño en la biota liquénica, los puntos de muestreo se ubicaron a diferente distancia de la zona de quema de basura (Anexo 3). Se realizaron los siguientes pasos: 1) Selección del forófito (o árbol hospedero): Para esto valoramos la presencia de la misma especie de forófito en todos los puntos de muestreo, tomando en cuenta la textura de la corteza, que los individuos presenten el tronco recto y en lo posible un diámetro similar entre ellos. La especie vegetal escogida fue *Bursera graveolens* “palo santo” que es la más dominante dentro del área de estudio. 2) Marcamos cinco forófitos en cada punto de muestreo, y se midió el DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) de cada uno. 3) Se evaluó la cobertura de los líquenes utilizando una malla de 1 metro cuadrado, dividida en cuadrículas de 1 dm cuadrado (Anexo 2). 4) Se recolectaron las especies ubicadas dentro de la malla de acuerdo al método de Steubing *et al.* (2002). 5) Se evaluaron también las alteraciones morfológicas y anatómicas en los líquenes como clorosis, necrosis y pérdida de vitalidad (Anze 1996).

Para establecer similitudes en la composición de especies entre los sitios (representados por los 8 cuadrantes), fue realizado un análisis de Cluster (agrupamiento) de los cuadrantes utilizando el Método de la Unión Promedio y basándonos en las distancias euclidianas entre cuadrantes (Matteuci & Colma 1982; Pielou 1984).

Mediante el Coeficiente de Correlación de Rango de Spearman se comprobó la relación entre la cobertura de líquenes total por árbol y la distancia de los árboles a la zona de quema de basura.

Estos dos tipos de análisis fueron efectuados utilizando el programa STATISTICA 5.0.

Determinación de líquenes. Las muestras colectadas fueron transportadas y procesadas, antes de ser ingresadas al herbario de la ECCD. La determinación se realizó utilizando las referencias de Weber & Lanier (1977a), Weber (1986), Simpan (2003), Lücking *et al.* (2004), Brodo *et al.* (2001) y mediante el cotejo con el poco material depositado en el herbario de la ECCD. Las colecciones de referencia efectuadas en el presente trabajo fueron depositadas en el herbario de la ECCD, y un duplicado en el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE). Aquellos escasos especímenes de muy difícil identificación serán enviados a especialistas indicados.

RESULTADOS

Durante los últimos años, las investigaciones de líquenes en Galápagos se han centrado únicamente en estudios taxonómicos (Weber 1986; Weber & Lanier 1977a). Contrariamente a lo que se hubiera esperado no se ha estudiado a los líquenes como bioindicadores de contaminación, los resultados obtenidos en este estudio son una contribución pionera al conocimiento de este grupo de plantas no vasculares.

En los ocho cuadrantes de muestreo se registraron 325 especímenes de líquenes, pertenecientes a 16 familias, 26 géneros y 38 especies. La familia que presentó mayor riqueza fue Physciaceae con 9 especies, seguida de Roccellaceae con 5 especies, las familias restantes presentaron menor número de especies (Tabla 2).

Tabla 2. Riqueza de la biota liquénica en el área de estudio.

No	FAMILIA	GENEROS	ESPECIES	ABUNDANCIA GLOBAL
1	Arthoniaceae	1	3	39
2	Chrysothricaceae	1	1	15
3	Graphidaceae	1	1	3
4	Haematommataceae	1	1	2
5	Lecanoraceae	1	1	12
6	Opegraphaceae	1	2	5
7	Parmeliaceae	2	3	11
8	Pertusariaceae	1	3	32
9	Physciaceae	5	9	101
10	Pyrenulaceae	1	2	16
11	Ramalinaceae	2	3	4
12	Roccellaceae	5	5	48
13	Teloschistaceae	1	1	15
14	Tephromelataceae	1	1	2
15	Thelotremaaceae	1	1	19
16	Usneaceae	1	1	1
Total general		26	38	325

Biotipos

En cuanto a los hábitos liquénicos o biotipos de todos los especímenes censados, el mayor porcentaje correspondió a líquenes crustosos (líquenes rígidos y sujetos al sustrato por todos los lados, generalmente se adhieren a rocas, troncos de árboles) alcanzaron un 66% del total de especies determinadas en el presente estudio (Figura 2) (Anexo 6 fotos a, b). Estos tipos de líquenes son los más representativos en este ecosistema. No obstante, al hacer el análisis por cuadrantes también se pudo notar la presencia o ausencia de líquenes foliosos (parecidos a una hoja, dorsoventrales, pero no están muy sujetos al sustrato (Anexo 5 imagen b) y fruticosos (en forma de arbusto, estos

líquenes son erectos con tallos cilíndricos y ramificados (Anexo 6 fotos h, i), según el estado de contaminación en cada estación de muestreo.

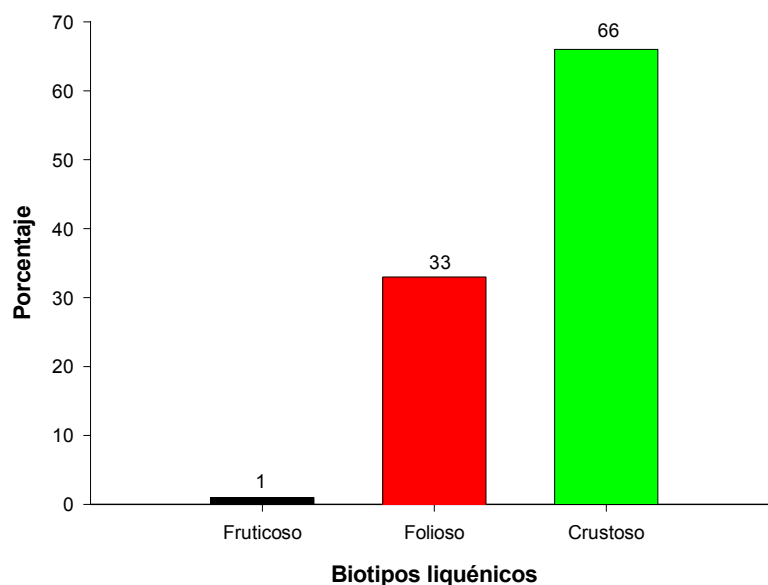


Figura 2. Porcentaje de biotipos liquénicos en el área de estudio.

Análisis de datos de los cuadrantes y árboles muestreados

Los líquenes, conocidos como organismos sensibles frente a los efectos de la contaminación atmosférica, son utilizados como bioindicadores. En la práctica lo que en realidad se mide son las respuestas indirectas (respuestas a la inmisión), que se manifiestan desde el punto de vista del observador de manera cualitativa, siendo la presencia/ausencia de las especies liquénicas el criterio empleado principalmente para la evaluación de la contaminación (www.eco-sitio.com.ar/bioindicadores.htm).

Sitio C1. Esta estación de muestreo (00°35'02.7"S; 90°21'20.3"W), junto a C2 son los lugares más cercanos a la zona de quema de basura. Diariamente están recibiendo emanaciones gaseosas producto de esta actividad (Anexo 3b). Los árboles forófitos de *B. graveolens* se encuentran aún en buen estado todavía.

Sin embargo, los efectos son visibles en la biota líquénica, como se aprecia en el Anexo 5a, en comparación al Anexo 5b. La Tabla 3 indica que el porcentaje de cobertura promedio de líquenes sobre los troncos de *Bursera* en este sitio es del 4%. En la escala de Braun – Blanquet (1977) dicho porcentaje, se designa como raro.

En los forófitos del palo santo codificados como B1, B2, B3 y B4 no se registró cobertura líquénica, es decir corresponde al estadio denominado “desierto líquénico”, según lo establecido por Gilbert en Lichen Biology (1996). Aparentemente, esto ocurre cuando han desaparecido, como producto de excesiva contaminación del aire, pues es el sitio empleado para quemar aproximadamente 10 toneladas de basura diaria (M. Espinosa *com. pers.* Mayo de 2005), provenientes de la población urbana y rural, población flotante, embarcaciones de pesca y turismo.

En el forófito B5 se registraron especies como: *Chrysothrix xanthina* (Chrysothricaceae), *Lecanora leprosa* (Lecanoraceae), *Pertusaria pustulata* (Pertusariaceae), *Dirinaria papillulifera* (Physciaceae), *Dirina approximata* (Roccellaceae) y *Myriotrema wrightii* (Thelotremataceae).

Sitio C2. En esta estación (00°35'03.0"S; 90°21'21.3"W), el porcentaje de cobertura promedio de líquenes sobre los troncos de *Bursera* fue del 6%. Al igual que en C1, también es un porcentaje bajo por las razones ya expuestas. Se ubicaron 2 forófitos con cobertura líquénica de 0% (B1 y B2).

Las especies que se registraron en los forófitos B3, B4 y B5 son: *L. leprosa* (Lecanoraceae), *P. pustulata* y *P. xanthostoma* (Pertusariaceae), *Dirinaria confusa* y *D. papillulifera* (Physciaceae), *Pyxine cocoes* (Physciaceae) *Bacidia laurocerasi* (Ramalinaceae), *D. approximata*, *Syncesia leproloma* (Roccellaceae), *Caloplaca* sp. (Teloschistaceae), *M. wrightii* (Thelotremataceae).

Sitio C3. Este punto de muestreo (00°35'00.0"S; 90°21'16.2"W) está ubicado fuera de la zona directa de quema (a 145 m NE de distancia) (Anexo 3). Además está beneficiado por las corrientes de aire con dirección SW que evitan que el humo llegue a este punto por eso se observa un porcentaje de cobertura promedio relativamente alto de líquenes 62 %. Entre las especies encontradas en todos los forófitos figuran: *Arthonia antillarum*, *A. cinnabarina* y *Arthonia* sp. (Arthoniaceae), *C. xanthina* (Chrysothricaceae), *L. leprosa* (Lecanoraceae), *Parmotrema praesorediosum* (Parmeliaceae), *P. pustulata* (Pertusariaceae), *Dirinaria applanata*, *D. papillulifera*, *Physcia erumpens*, *P. cocoes* y *Rinodina sipmanii* (Physciaceae), *Pyrenula ochraceoflava* (Pyrenulaceae), *D. approximata* y *Syncesia leproloma* (Roccellaceae), y *M. wrightii* (Thelotremataceae).

Sitio C4. Está ubicado a unos 100 m al SO de la zona de quema (00°35'02.7"S; 90°21'20.3"W), y es influenciado por los agentes contaminantes. El porcentaje promedio de cobertura liquénica es de 50% valorado como poco abundante, las especies son: *Arthonia* sp. (Arthoniaceae), *C. xanthina* (Chrysothricaceae), *P. pustulata* (Pertusariaceae), *Dirinaria applanata*, *D. papillulifera*, *P. erumpens*, *P. cocoes*, *R. sipmanii* (Physciaceae), *Pyrenula confinis* y *P. ochraceoflava* (Pyrenulaceae), *D. approximata*, *Enterographa pallidella* y *S. leproloma* (Roccellaceae), *Caloplaca* sp. (Teloschistaceae), *M. wrightii* (Thelotremataceae).

Sitio C5. Localizado a 120 m al NO del lugar de quema de basura (00°35'00.8" S; 90°21'24.4" W), fuera de la zona de influencia directa de la quema. El porcentaje promedio de cobertura liquénica es del 63%, considerado como abundante.

En todos los árboles ls líquenes que se encontraron son: *A. antillarum*, *A. cinnabarina* y *Arthonia* sp. (Arthoniaceae), *C. xanthina* (Chrysothricaceae), *Graphis lineola* (Graphidaceae), *L. leprosa* (Lecanoraceae), *Opegrapha* sp. (Opegraphaceae), *Canoparmelia caroliniana*, *P. praesorediosum* y *P. tinctorum*

(Parmeliaceae), *P. pustulata* y *P. xanthostoma* (Pertusariaceae), *D. applanata*, *D. papillulifera*, *Heterodermia speciosa*, *P. erumpens* y *P. cocoes* (Physciaceae), *P. ochraceoflava* (Pyrenulaceae), *D. approximata* y *S. leproloma* (Roccellaceae), *Caloplaca* sp. (Teloschistaceae), *M. wrightii* (Thelotremataceae).

Sitio C6. Ubicado (00°35'06.4"S; 90°21'16.9"W) a unos 163 m al SE de la zona de quema, recibe el influjo de los agentes contaminantes. Al parecer, depende de las corrientes de viento provenientes del sureste de la Isla.

En todos los árboles de *Bursera* la cobertura liquénica promedio corresponde al 30% catalogado como escasa. Las especies encontradas son: *A. antillarum*, *A. cinnabarina* y *Arthonia* sp. (Arthoniaceae), *G. lineola* (Graphidaceae), *Haematomma persoonii* (Haematommataceae), *Opegrapha varia* (Opegraphaceae), *P. praesorediosum* (Parmeliaceae), *P. pustulata* (Pertusariaceae), *Dirinaria picta*, *D. applanata* y *D. papillulifera* (Physciaceae), *P. cocoes* y *R. sipmanii* (Physciaceae), *P. ochraceoflava* (Pyrenulaceae), *D. approximata*, *Roccella babingtonii* y *S. leproloma* (Roccellaceae), *Caloplaca* sp. (Teloschistaceae), y *M. wrightii* (Thelotremataceae).

Sitio C7. Este punto de muestreo está ubicado al NE a una distancia considerable (aproximadamente 500 m) de la zona del botadero. Las diferencias en cuanto a cobertura liquénica son notorias, tienen un promedio de cobertura de líquenes del 94%, que significa muy abundante.

En todos los árboles, las especies registradas son: *A. antillarum*, *A. cinnabarina* y *Arthonia* sp. (Arthoniaceae), *C. xanthina* (Chrysothricaceae), *P. pustulata* y *P. xanthostoma* (Pertusariaceae), *D. picta* y *R. sipmanii* (Physciaceae), *Pyrenula confinis* y *Pyrenula ochraceoflava* (Pyrenulaceae), *D. approximata*, *Sclerophyton* sp., *S. leproloma* (Roccellaceae), *Caloplaca* sp. (Teloschistaceae), *Tephromela atra* (Tephromelataceae) *M. wrightii* (Thelotremataceae). Es importante la

presencia de especies foliosas como: *P. praesorediosum* (Parmeliaceae), *D. papillulifera*, *D. applanata*, *P. atrostriata*, *P. erumpens*, *P. cocoes* (Physciaceae), y especies fruticosas como: *Ramalina linearis* (Ramalinaceae) y *Usnea antillarum* (Usneaceae). Dichas especies no se encuentran en los cuadrantes cercanos al botadero. Solamente fueron registradas fuera, convirtiéndose en indicadoras, ya que este tipo de hábito líquénico es más sensible. La escala de sensibilidad va desde los líquenes gelatinosos → fruticosos → foliosos → crustosos, siendo los últimos los más resistentes a los cambios ambientales (Marcano 1994).

Sitio C8. También se encuentra ubicado fuera de la zona del botadero: a unos 700m SE de la zona del botadero. El porcentaje promedio de cobertura líquénica por árbol es del 80% que corresponde a la categoría abundante, corroborando lo mencionado anteriormente, que los cuadrante 7 y 8 más lejanos son los que presentan mayores porcentajes de cobertura y riqueza de líquenes (Tabla 3). En cuanto a especies de líquenes, incluyendo a biotipos sensibles, las especies de este cuadrante (encontradas en todos los árboles) son: *A. antillarum*, *A. cinnabarina* y *Arthonia* sp. (Arthoniaceae), *C. xanthina* (Chrysothricaceae), *G. lineola* (Graphidaceae), *Opegrapha* sp. (Opegraphaceae), *P. pustulata*, *P. xanthostoma* y *Pertusaria* sp. (Pertusariaceae), *Bacidia* sp. (Ramalinaceae), *D. approximata* y *E. pallidella* (Roccellaceae), *Caloplaca* sp. (Teloschistaceae), *Tephromela atra* (Tephromelataceae), *M. wrightii* (Thelotremataceae). Entre los líquenes foliosos tenemos a *P. tinctorum* (Parmeliaceae), *D. applanata*, *D. papillulifera*, *P. atrostriata*, *P. cocoes* y *Pyxine* sp. (Physciaceae). El único fruticoso fue *Ramalina linearis* (Ramalinaceae).

Tabla 3. Riqueza y cobertura de líquenes en cada cuadrante.

CUADRANTE	ESPECIES	INDIVIDUOS	% DE COBERTURA PROMEDIO POR ARBOL	CATEGORÍA
1	6	11	4	Rara
2	10	19	6	Rara
3	17	42	62	Abundante
4	15	34	50	Poco abundante
5	22	55	63	Abundante
6	19	49	30	Escasa
7	25	61	94	Muy abundante
8	23	54	80	Abundante

Al realizar la comparación de la composición de especies de líquenes entre sitios se generaron dos cladogramas: la Figura 3a (construida con datos cualitativos: presencia-ausencia de líquenes por cuadrante) y la Figura 3b (construida con datos cuantitativos: porcentajes de cobertura netos de todas las especies líquénicas por cuadrante).

Nótese en la Figura 3a como existen tres grupos de cuadrantes: los sitios C1 y C2 mostrando una composición liquénica similar, al igual que los sitios C3 y C4 con composición liquénica similar entre sí y los sitios C5 a C8 conformando el tercer grupo con composición liquénica similar entre sí pero diferente a la de los dos grupos ya mencionados. Las diferencias entre los grupos del cladograma se deben a las razones expuestas durante el análisis para cada uno de los cuadrantes y básicamente tienen que ver con la presencia mayor de especies de líquenes en los cuadrantes no afectados por contaminantes generados por la quema de basura (cuadrantes C8 y C7, por ejemplo) y una abundancia menor de especies de líquenes en zonas afectadas por estos elementos (cuadrantes C1 y C2).

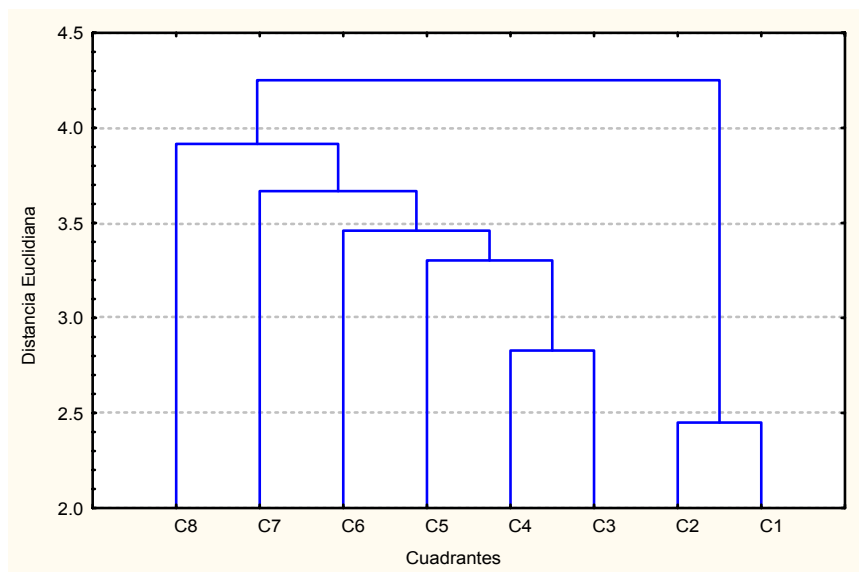


Figura 3a. Cladograma resultante entre los ocho cuadrantes de estudio, en función de la presencia-ausencia de líquenes. Método Unión Promedio, basado en Distancias Euclidianas entre cuadrantes.

Un resultado similar se produce al efectuar al Análisis de Cluster con datos directos de cobertura por especie por cuadrante (Figura 3b). En este caso, resalta mucho más inclusive como los sitios C1 y C2 muestran una composición líquénica similar entre sí (pero a la vez muy escasa en número de especies de líquenes y además en su cobertura), los sitios C4 y C6 se unen en el cladograma a estos dos primeros en vista de que son también sitios directamente afectados por las emisiones de la quema de basura, lo cual se refleja en una composición cualitativa y cuantitativa similar a C1-C2. Los sitios C3 y C5 (de 120 a 150 m de distancia de la zona de quema) forman un grupo netamente definido en el Cluster, debido a su composición algo diferente de especies. Finalmente los sitios C8 y C7 forman entidades separadas claramente de todos los cuadrantes, en vista de que corresponden a sitios con una riqueza cualitativa y cuantitativa superior de especies líquénicas.

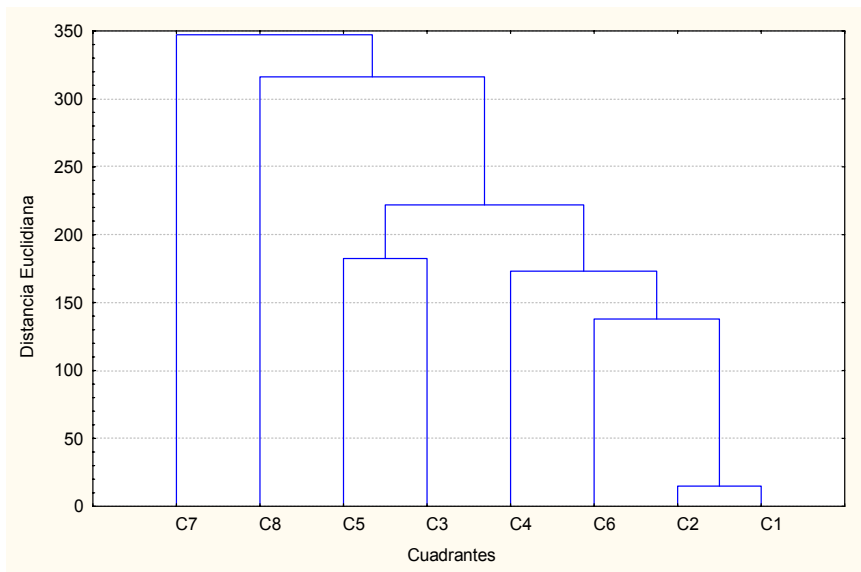


Figura 3b. Cladograma resultante entre los ocho cuadrantes, en función de datos netos del % de cobertura de las especies líquénicas por cuadrante. Método Unión Promedio, basado en Distancias Euclidianas entre cuadrantes.

Por otra parte, con el interés de discriminar si existía una relación o correlación entre la distancia de cada árbol estudiado a la zona de quema y el porcentaje total de cobertura líquénica que poseía, se buscó efectuar un análisis de regresión o en su defecto de correlación entre estas dos variables (Anexo 7).

En vista de que al analizar los datos no se encontró normalidad en su distribución se descartó efectuar tanto la Prueba de Regresión Lineal como la de Correlación de Pearson y se optó por calcular el Coeficiente de Correlación de Rango de Spearman, mucho más adecuado para examinar la relación entre dos variables cuando se tiene datos estadísticamente no normales.

Al calcular el Coeficiente de Correlación de Rango de Spearman (entre distancia de cada árbol estudiado a la zona de quema y su porcentaje total de cobertura líquénica) obtuvimos un valor de $r_s = 0.77$ con una probabilidad asociada de $p < 0.001$; lo cual nos corrobora la existencia de una relación muy fuerte (muy

significativa) entre la distancia del árbol a la zona de quema y la cantidad de líquenes que cubren su tronco: a menor distancia a la zona de quema menor cobertura de líquenes que cubren el tronco y viceversa (Figura 4). Nótese que el punto más alejado de los grupos, corresponden al árbol B3 localizado en el sitio C3, donde se registro abundante cobertura de líquenes (Anexo 7).

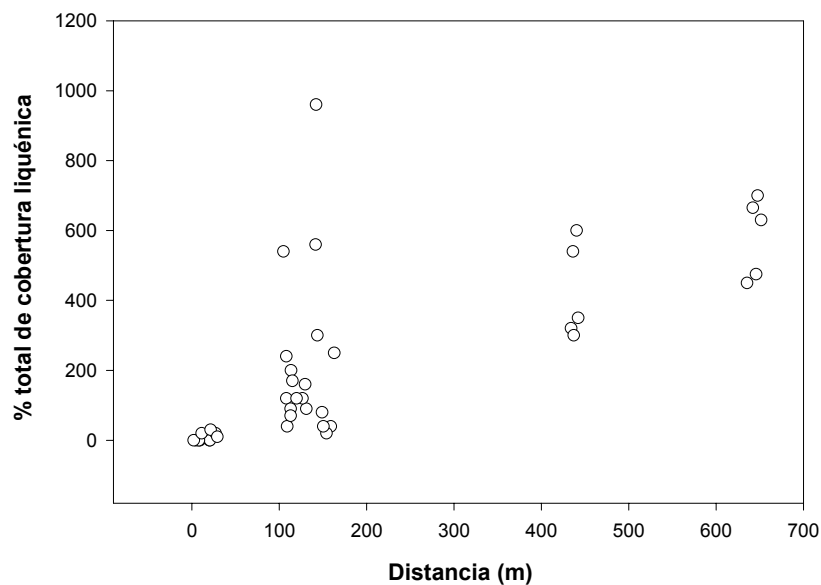


Figura 4. Cobertura (%) total liquénica de cada árbol del palo santo versus la distancia a la zona de quema.

CONCLUSIONES

La biota liquénica es afectada en gran medida, aparentemente por las emanaciones gaseosas, producto de la quema de basura en la zona del botadero. Algunas de estas especies podrían continuar siendo perturbadas en la actualidad y hacia el futuro cercano. Todos los líquenes localizados en los cuadrantes 1 y 2 (los más cercanos a la zona de quema) presentan signos claros de contaminación: clorosis (despigmentación del talo), necrosis de los talos, ausencia de cuerpos fructíferos y escasa cobertura. Además, en algunos forófitos del palo santo, han desaparecido totalmente. Por tanto, los sitios con

menor cobertura de líquenes fueron C1 con el 4% y C2 con el 6 % de cobertura sobre los troncos de palo santo.

Los sitios C8 y C7 fueron los que presentaron una mayor abundancia y cobertura de líquenes y a la vez mejor estado de salud, con 80 % y 94 % de cobertura respectivamente sobre los troncos de *Bursera*, Esto se debe a que los sitios C7 y C8, están alejados alrededor de 1 km del lugar de la quema del basurero. Además, todavía albergan especies de hábito considerado como sensible: los líquenes foliosos y fruticosos. Todo lo contrario sucede con los sitios C1 y C2 en donde el humo contaminante se esparce directamente e impacta en los árboles de estos sitios.

Con respecto a los sitios C3, C4, C5 y C6, tienen una cobertura de líquenes intermedia o moderada, que va desde un 30 % a 63% de cobertura líquénica por tronco observado.

La presente evaluación de un componente del ecosistema sensible a la contaminación atmosférica ha resultado un proceso útil y económico, empleando a los líquenes como bioindicadores, los cuales merecen una especial atención ya que estos vegetales muestran una sensibilidad extremadamente alta a los contaminantes atmosféricos.

RECOMENDACIONES

- Con base en estos resultados y considerando que según Weber (1986), Santa Cruz es posiblemente el área más rica en líquenes, se sienta bases para que se realice un estudio del Índice de Pureza Atmosférica (IPA). El IPA, toma en consideración las comunidades de líquenes, la presencia y distribución de las mismas en un área con zonas precisas de contaminación y cuantifica los datos.

- Se conoce que los líquenes son sensibles a las impurezas del aire, por tal razón se debe realizar una medición de metales pesados (plomo, cadmio) presentes en el aire así como otras sustancias como hollín, SO₂, etc., utilizando equipos concretos de medición estandarizada.
- Con el objetivo de comparar la cobertura liquénica entre las áreas investigadas, se recomienda continuar con el estudio a largo plazo. De esta forma, será sencillo reafirmar si las comunidades en cuestión están igual, o han sufrido cambios a través del tiempo.
- Se debe determinar contaminantes del medio, en forma gaseosa y líquida, ya que existen géneros específicos de líquenes que captan esas formas de contaminación.
- Debido a la presencia de fuentes contaminantes en Santa Cruz, tales como: automóviles, motos, embarcaciones, talleres metal mecánicos (soldadura y pintada de automóviles), carpinterías etc., se recomienda realizar estudios de contaminación ambiental, utilizando a los líquenes como bioindicadores en varios sitios poblados de la Isla.
- Deberá establecerse un programa de educación ambiental para que la comunidad pueda verificar, tomar conciencia y preservar a los líquenes en forma adecuada.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Comisión Europea RED-URBAL, a través del proyecto Manejo Sustentable de Desechos Sólidos en Islas Oceánicas, llevado a cabo por el Gobierno Municipal de Santa Cruz. Un sincero agradecimiento al personal de esta Institución, principalmente a Washington Ramos, y Martín Espinosa.

Al Herbario CDS y el Departamento de Botánica de la Estación Científica Charles Darwin, por permitirnos revisar la colección y utilizar varios materiales de campo. Al Dr. André Aptroot, taxónomo y especialista en varios grupos de líquenes por la identificación en los sitios de estudio. A Patricio Yáñez, Fabián Bersosa, y Ana Mireya Guerrero (ECCD) por la revisión de una versión preliminar del presente manuscrito y por su apoyo con el análisis de datos. Al Servicio del Parque Nacional Galápagos, por el permiso otorgado para coleccionar los especímenes de líquenes en el área de estudio. Finalmente, a Bolívar Freire por su colaboración en el procesamiento de las muestras y los amigos que facilitaron nuestro trabajo y estadía en Puerto Ayora.

BIBLIOGRAFÍA

- Anze, G. 1996. Líquenes del Valle de La Paz como bioindicadores de contaminación atmosférica. En: *Ecología en Bolivia*: 28: 65-80
- Black, J. 1973. Galápagos. Archipiélago del Ecuador. Quito: 168.
- Braun – Blanquet, J. 1977. Fitosociología “Base para el Estudio de las Comunidades Vegetales”. H. Blume Ediciones. Madrid.
- Brodo, I., S. Duran & S. Sharnoff. 2001. *Lichens of North America*. Yale University. Londres.
- Eliasson, U. 1974. Studies in Galápagos Plants. Part XIV. The genus *Scalesia*. *Opera Botánica* 36: 1-117.
- Estación Científica Charles Darwin. 2000. Estaciones Meteorológicas de la ECCD y de Bellavista.

- Farlow, W.G. 1902. Lichens. In: B. L. Robinson, Flora de Galápagos Islands. Proc. Amer. Arts. Sci. 38: 83-84.
- Follmann, G., & B. Werner 1995. Flora y vegetación liquénica de las Islas Galápagos. En G. Zizka & K. Klemmer (eds.). Flora y Fauna de las Islas Galápagos: Origen, investigación, amenazas y protección. Palmengarten der Stadt Frankfurt am Main: 54-58.
- Grant, P.R. 1986. Ecology and Evolution of Darwin's Finches. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Grüniger, W. & M. Velarde. 1985. Investigación de líquenes como indicadores de la contaminación y su aprovechamiento en la educación ambiental. En Revista Científica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Universidad de Guatemala, Vol. 7.1: 34-41.
- Hamann, O. 1981. Plant Communities of the Galápagos Islands. Dansk Botanisks Arkiv 34 (2): 33-58.
- Hooker, J.D. 1846. An enumeration of the plants of the Galapagos Archipelago with descriptions of those which are new. Transactions of the Linnean Society 20: 163-233.
- <http://es.geocities.com/ecored2000/liquen.html>. Los líquenes. El más lento telegrama de la tierra. [Consulta 19/03/2005].
- Jackson, M.H. 1997. Galápagos: Una historia natural. Univ. Calgary Press, Alberta: 1-319.

- Lücking R, H. Simpmán & L. Umaña. 2004. Guía para géneros de líquenes tropicales. Field Museum of Chicago, Botanic Garden & Botanic Museum Berlín, Instituto Nacional de Biodiversidad Inhibo, Costa Rica.
- Marcano, V. 1994. Colección Flora Liquélica de los Andes Venezolanos. Vol. I. Introducción al estudio de los líquenes y su clasificación. FUNDACITE Mérida: 300.
- Matteucci, S.D. & A. Colma. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Washington D.C., U.S.A.
- Mauchamp, A., I. Aldaz, E. Ortiz, & H. Valdebenito, 1998. Threatened species, a reevaluation of the status of eight endemic plants of the Galápagos. *Biodiversity and Conservation* 7: 97-107.
- McBirney, A.R., & H. Williams, 1969. Geology and petrology of the Galápagos Islands. *Geol. Soc. Amer. Memoir* 118: 118-133.
- Méndez, O. & L.A. Fournier. 1980. Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. *En Revista de Biología Tropical* 28: 31-39.
- Monge-Nájera, J., M.I. González, M.R. Rossi & V.H. Méndez-Estrada. 2002. Twenty years of lichen cover change in a tropical habitat (Costa Rica) and its relation with air pollution. *En Revista de Biología Tropical* 50 (1): 309-319.
- Moore, A., M. Cifuentes & T. de Roy. 1996. Guía a los sitios de visita: Parque Nacional Galápagos. Tercera edición. Servicio Parque Nacional Galápagos. Puerto Ayora.

- Nash, TH., III (ed.) 1996. Lichen Biology. Cambridge, England, Cambridge University Press, pp.443-462
- Pielou, E.C. 1984. The Interpretation of Ecological Data. Wiley - Interscience. New York, U.S.A.
- Slevin, J.R. 1959. The Galápagos Islands. A history of their exploration. Occasional Papers of the California Academy of Sciences 25: 1-150.
- Simpan, H. 2003. Identification key and literatura guide to the genera of lichized fungi (lichens) en the Neotropics. Provisional Version. Botanic Garden & Botanical Museum Berlin – Dahlem, Free University of Berlin.
- Steubing, L; R. Godoy & M. Alberdi. 2002. Métodos de Ecología Vegetal. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. Pp 249 -250
- Stewart, A. 1911. A botanical survey of the Galápagos Islands. Pro. Calif. Acad. Sci. (seriesIV) 1: 7-288
- _____. 1912. Notes on the lichens of the Galápagos Islands. Proc. Calif. Acad. Sci. (4) 1: 431-446.
- Tye, A. 2002. Threatened species management in an oceanic archipelago: the Galapagos Islands. In: Maunder, M., Clubbe, C., Hankamer, C. and Groves, M. (eds). Plant Conservation in the Tropics: perspectives and practice. Royal Botanic Gardens, Kew, London: 323-347.
- _____ 2003. Plant Research for Conservation in Galapagos. Report for the years 1998–2003 and challenges for the future. Charles Darwin Foundation for the Galapagos Islands, Puerto Ayora: 1-52.

Weber, W. & J. Lanier. 1977a. Los líquenes en las Islas Galápagos. Estación Científica Charles Darwin: 1-20.

Weber, W., Grandstein, S.R., L. Jeannine., & S. Harry. 1977b. Lichens and bryophytes of the Galápagos. Noticias de Galápagos. Vol 27: 7-11.

_____. 1984a. Bryophytes and lichens of the Galápagos Islands. National Geographic Society Research Reports for 1975, 16: 781-1979.

_____. & S. R. Gradstein. 1984b. Lichens and Bryophytes. Chapter 5. In The Galápagos Islands. Pergamon Press, Key Environment Series.

_____. 1986. The lichen flora of the Galápagos Islands, Ecuador. University of Colorado Museum. In Mycotaxon: 27:451-497.

_____. & H. Beck. 1986. Effects on cryptogamic vegetation (lichens, mosses and liverworts). Chapter 3. In El Niño en las Islas Galápagos: El evento de 1982-1983. Charles Darwin Darwin Foundation: 16.

Wiggins, I. L. & Porter, D. M. 1971. Flora of the Galápagos Islands. Stanford University Press, Stanford.

Ziegler, W. 1995. El Archipiélago de Galápagos: ubicación, clima, condiciones atmosféricas y origen geológico. En G. Zizka & K. Klemmer, (eds.), Flora y Fauna de las Islas Galápagos: Origen, investigación, amenazas y protección. Palmengarten der Stadts Frankfurt am Main: 54-58.

www.eco-sitio.com.ar/bioindicadores.htm. [Consulta 19/03/2005].

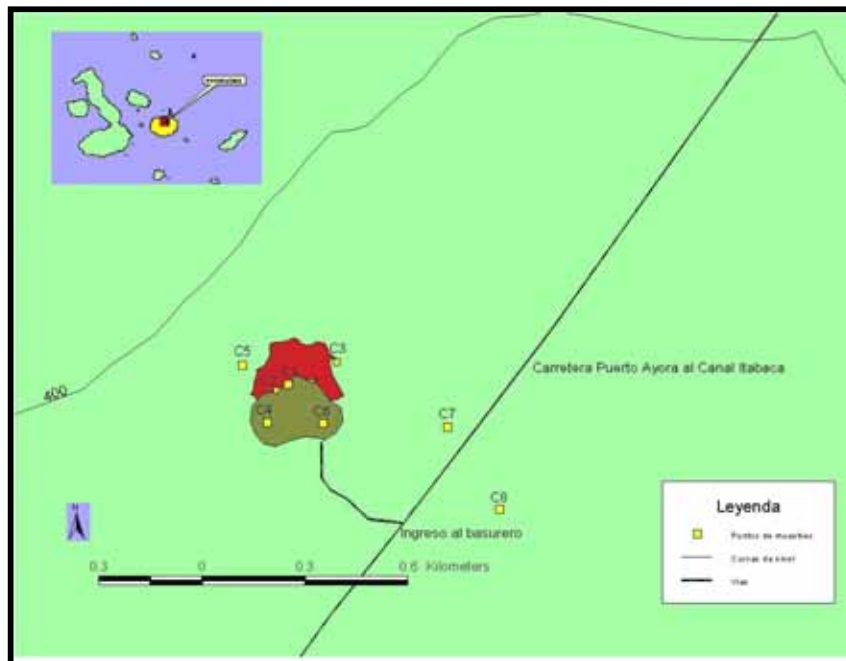
Anexo 1. Ubicación del Cuadrante C5, en el Basurero Landfill, Isla Santa Cruz, Galápagos.



Anexo 2. Daniel Vergara y Telma Paredes midiendo la cobertura de líquenes en el tronco del palo santo (*B. graveolens*).



Anexo 3a. Distribución de los cuadrantes dentro del área global de estudio. El área de color rojo representa el sitio que ha sido ya rellenado a la presente fecha, mientras el verde oscuro el que no ha sido rellenado y alberga en su mayoría vegetación arbórea y arbustiva. Los sitios C1 y C2, son los más próximos a la quema de basura.



Anexo 3b. Ubicación de los cuadrantes C1 (cuadrado verde) y C2 (cuadrado rojo) en las proximidades de la zona de quema.



Anexo 4. Listado de las especies de líquenes presentes en el área de estudio.

FAMILIA	ESPECIE	BIOTIPO
Arthoniaceae	<i>Arthonia antillarum</i>	crustoso
	<i>Arthonia cinnabarina</i>	crustoso
	<i>Arthonia</i> sp.	crustoso
Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	crustoso
Graphidaceae	<i>Graphis lineola</i>	crustoso
Haematommataceae	<i>Haematomma personii</i>	crustoso
Lecanoraceae	<i>Lecanora leprosa</i>	crustoso
	<i>Opegrapha varia</i>	crustoso
Opegraphaceae	<i>Opegrapha varia</i>	crustoso
	<i>Opegrapha</i> sp.	crustoso
Parmeliaceae	<i>Canoparmelia caroliniana</i>	folioso
	<i>Parmotrema praesorediosum</i>	folioso
	<i>Parmotrema tinctorum</i>	folioso
Pertusariaceae	<i>Pertusaria pustulata</i>	crustoso
	<i>Pertusaria xanthostoma</i>	crustoso
	<i>Pertusaria</i> sp.	crustoso
Physciaceae	<i>Dirinaria applanata</i>	folioso
	<i>Dirinaria papillulifera</i>	folioso
	<i>Dirinaria picta</i>	folioso
	<i>Heterodermia speciosa</i>	folioso
	<i>Physcia atrostriata</i>	folioso
	<i>Physcia erumpens</i>	folioso
	<i>Pyxine cocoes</i>	folioso
	<i>Pyxine</i> sp.	folioso
	<i>Rinodina sipmanii</i>	crustoso
Pyrenulaceae	<i>Pyrenula confinis</i>	crustoso
	<i>Pyrenula ochraceoflava</i>	crustoso
Ramalinaceae	<i>Bacidia laurocerasi</i>	crustoso
	<i>Bacidia</i> sp.	crustoso
	<i>Ramalina linearis</i>	fruticoso
Roccellaceae	<i>Dirina approximata</i>	crustoso
	<i>Enterographa pallidella</i>	crustoso
	<i>Roccella babingtonii</i>	fruticoso
	<i>Sclerophyton</i> sp.	crustoso
	<i>Syncesia leproloma</i>	crustoso
Teloschistaceae	<i>Caloplaca</i> sp.	crustoso
Tephromelataceae	<i>Tephromela atra</i>	crustoso
Thelotremataceae	<i>Myriotrema wrightii</i>	crustoso
Usneaceae	<i>Usnea antillarum</i>	fruticoso

Anexo 5a. Andre Aptroot verificando la no presencia de líquenes en la corteza de un tronco del palo santo en el sitio C1, próximo a la zona de quema de la basura, zona degradada.



Anexo 5b. Comunidad de líquenes foliáceos sobre el forófito del palo santo en el sitio C8, zona no degradada. Su aspecto es de láminas u hojas extendidas paralelamente al sustrato al cual se adhiere. La especie identificada corresponde a *Parmotrema tinctorum*.

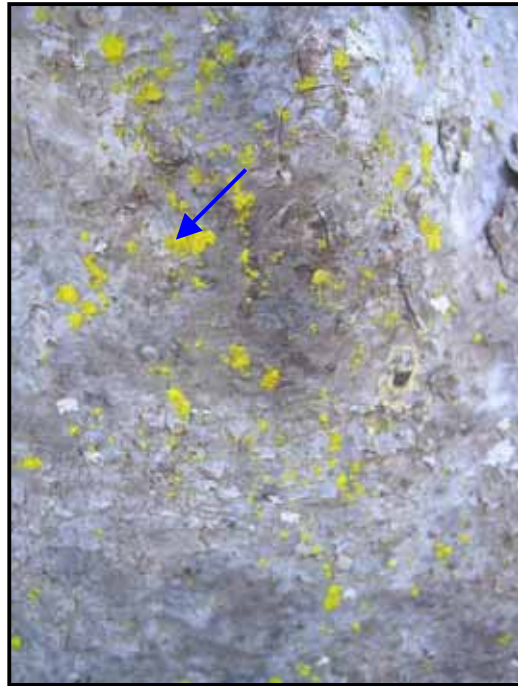


Anexo 6. Líquenes más comunes registrados en los sitios de estudio. Las flechas azules señalan la especie.

A) *Arthonia cinnabarina*



B) *Chrysothrix xanthina*



C) *Dirina approximata*



D) *Dirinaria aplanata*



E) *Dirina papillulifera*



F) *Parmotrema praesorediosum*



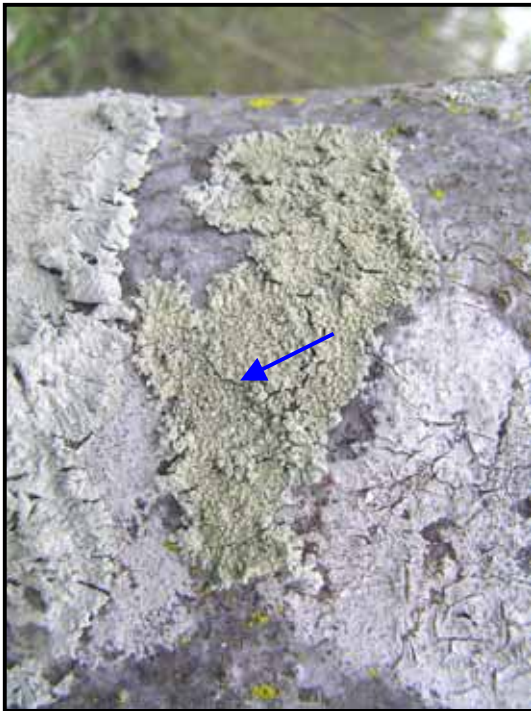
G) *Pertusaria xanthostoma*



H) *Pyrenula ochraceoflava*



G) *Pyxine cocoes*



H) *Ramalina linearis*



I) *Usnea antillarum*



Anexo 7. Distancia con respecto a la zona de quema y cobertura total de líquenes para cada árbol de *Bursera graveolens*, en los cuadrantes muestreados.

Sitios	Distancia a la zona de quema (m)	Cobertura total de líquenes (%)
C1-B1	4.7	0
C1-B2	9	0
C1-B3	20	0
C1-B4	20.6	0
C1-B5	27	20
C2-B1	8	0
C2-B2	2	0
C2-B3	11	20
C2-B4	21.3	30
C2-B5	29	10
C3-B1	141.6	560
C3-B2	143.6	300
C3-B3	142	960
C3-B4	131	90
C3-B5	126.5	120
C4-B1	108	120
C4-B2	113	90
C4-B3	108	240
C4-B4	113.5	200
C4-B5	129.6	160
C5-B1	109	40
C5-B2	115	170
C5-B3	113	70
C5-B4	119.8	120
C5-B5	104.8	540
C6-B1	162.8	250
C6-B2	159	40
C6-B3	154	20
C6-B4	149	80
C6-B5	150.4	40
C7-B1	647.5	700
C7-B2	635.5	450
C7-B3	651.5	630
C7-B4	642	665
C7-B5	645.7	475
C8-B1	440.3	600
C8-B2	434	320
C8-B3	436	540
C8-B4	437	300
C8-B5	442	350