

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

**“IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE LIQUENES CONSIDERADAS
BIOINDICADORAS DE LA CALIDAD DEL AIRE (EN CUATRO SITIOS DE SAN
SALVADOR), A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN
SUS TALOS”**

PRESENTADO POR:

**ANGÉLICA QUINTANILLA CORENA
CARLA ELIZABETH BERMÚDEZ IGLESIAS
RUTH YANIRA AVELAR SIERRA**

PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2006

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

**“IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE LIQUENES CONSIDERADAS
BIOINDICADORAS DE LA CALIDAD DEL AIRE (EN CUATRO SITIOS DE SAN
SALVADOR), A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN
SUS TALOS”**

PRESENTADO POR:

**ANGÉLICA QUINTANILLA CORENA
CARLA ELIZABETH BERMÚDEZ IGLESIAS
RUTH YANIRA AVELAR SIERRA**

PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**MS.c NOHEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO
Ing. LUÍS RAMÓN PORTILLO TRUJILLO
Dr. RAFAEL ANTONIO GÓMEZ ESCOTO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2006

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

**“ IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE LIQUENES CONSIDERADAS
BIOINDICADORAS DE LA CALIDAD DEL AIRE (EN CUATRO SITIOS DE SAN
SALVADOR), A TRAVES DE LA DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN
SUS TALOS”**

PRESENTADO POR:

**ANGÉLICA QUINTANILLA CORENA
CARLA ELIZABETH BERMÚDEZ IGLESIAS
RUTH YANIRA AVELAR SIERRA**

PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**ASESORA: _____
MS.c. NOHEMY ELIZABETH VENTURA CENTENO**

**ASESOR: _____
Ing. LUÍS RAMÓN PORTILLO TRUJILLO**

**ASESOR: _____
Dr. RAFAEL ANTONIO GÓMEZ ESCOTO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2006

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

**“IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE LIQUENES CONSIDERADAS
BIOINDICADORAS DE LA CALIDAD DEL AIRE (EN CUATRO SITIOS DE SAN
SALVADOR), A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN
SUS TALOS”**

PRESENTADO POR:

**ANGÉLICA QUINTANILLA CORENA
CARLA ELIZABETH BERMÚDEZ IGLESIAS
RUTH YANIRA AVELAR SIERRA**

PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**JURADO: _____
MS.c. ZOILA VIRGINIA GUERRERO MENDOZA**

**JURADO: _____
LICDA. BLANCA LUZ GALLEGOS DE LEZAMA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2006

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dra. Maria Isabel Rodríguez

RECTORA

Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela

SECRETARIA GENERAL

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

FISCAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

MS.c. José Héctor Elías Díaz

DECANO DE LA FACULTAD

MS.c. Ana Martha Zetino Calderón

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a **Dios** todopoderoso por habernos dado sabiduría en el transcurso de nuestro trabajo y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la elaboración de esta investigación.

Al **Consejo de Investigaciones Científicas, de la Universidad de El Salvador CIC-UES**: por todo el apoyo brindado y por el financiamiento de esta investigación, sin el cual no podría haberse realizado esta investigación.

A nuestros asesores:

MS.c Nohemy Elizabeth Ventura Centeno, por sus importantes aportes y acertadas sugerencias, así como por su apoyo incondicional, comprensión, tolerancia y disposición de aportar sus conocimientos dedicado a la asesoría de nuestro trabajo desde el principio hasta la culminación de esta investigación.

Ing. Luís Ramón Portillo Trujillo, por sus importantes aportes, sugerencias y acertada orientación en el desarrollo experimental del análisis cualitativo y cuantitativo, así mismo por el valioso tiempo incondicional dedicado a esta investigación.

Dr. Rafael Antonio Gómez Escoto, por sus sugerencias al trabajo.

Técnico: José Luís Chávez, (Inbio), Por la colaboración a la identificación de las especies de líquenes.

A nuestro jurado evaluador:

MS.c Zoila Virginia Guerrero Mendoza y Licda. Blanca Luz Gallegos de Lezama: por sus observaciones y sugerencias acertadas en nuestro trabajo de investigación

Lic. Julio Ernesto Payes Hernández y David Arnoldo García: por su colaboración en la preparación de digestión de las muestras.

Agradecemos especialmente a **Dra. Julissa Sosa, Dr. Robert Luecking**; por contribuir con sus conocimientos y bibliografía científica para la elaboración del trabajo de graduación.

Misael Antonio Ramírez: por su colaboración en la toma de fotografías digitales.

Lic. Franklin Moisés Mejía Hurtado

Lic. Marco Antonio Ayala Aristondo

Y finalmente a todas las personas y amigos que hicieron posible la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación lo dedico a:

Dios todopoderoso y a la **Virgen Maria**, por iluminarme, guiarme y darme inteligencia, ya que después de mucho sacrificio y esfuerzo alcance la meta que un día me propuse, y por que estoy segura que en todo momento han estado conmigo sobre todo en las situaciones más difíciles de mi carrera.

A mi padre:

Lucas Quintanilla Gómez, (Q.D.D.G), como un tributo a su memoria a quien le debo toda la ayuda económica y moral para realizar mis estudios, que aunque él ya no esté en este mundo logro con su ejemplo que yo tomara el camino correcto. Donde el se encuentre estoy segura que hay una sonrisa en su rostro por este logro pues era algo que añoro toda su vida.

A mi madre:

Maria Santos Corena Martínez, Por que con sus ideales, amor, fe y esperanza ha sabido guiarme para ser mejor cada día. Por sus sacrificios y apoyo en mis triunfos y pesares y por que en todo momento ha sido mi inspiración para seguir adelante y concluir la meta que un día me propuse.

A mi hermano:

Gilberto Quintanilla Corena, por su total y desinteresada ayuda en los momentos de mayor presión por que confiaba más en mí que yo misma y por su cariño para conmigo merece especial dedicación.

A mi amigo:

Julio Cesar Mejía, por que a pesar de la distancia que nos separa siempre ha estado conmigo brindándome su apoyo económico y moral de manera incondicional a lo largo de mi formación profesional.

A mi familia y amigos: a todos absolutamente a todos, por los momentos compartidos por que siempre me alentaron y creyeron en mí y por estar pendientes de cualquier necesidad ofreciéndome siempre su ayuda desinteresada.

Angélica.

DEDICATORIA

A mis padres **Norma Elizabeth de Bermúdez Iglesias** y **Carlos Eduardo Bermúdez Ramos**, por haberme guiado mis pasos desde pequeña y por ayudarme a tener una formación profesional.

A mis hermanos **Karen Elisa Bermúdez Iglesias**, **Carlos Eduardo Bermúdez Iglesias**, y **José Ricardo Bermúdez Iglesias**; por permitirnos compartir como hermanos y hacernos sentir que somos una familia.

A mi hija **Luciana Rodríguez Bermúdez**; por ser ella mi inspiración y el sentido de mi vivir y crearme nuevos objetivos en la vida.

A mi esposo **Erick Mauricio Rodríguez Ayala**; por tenerme paciencia, tener comprensión en mi carrera ya que estas en tiempos difíciles conmigo.

A mis amigos **Vladlen Ernesto Henríquez** y **Rubén Carballo**; por ser buena compañía y sus consejos.

Carla.

DEDICATORIA

A **Dios todopoderoso**; por haberme iluminado y permitido culminar mis esfuerzos, así como por haberme concedido un nuevo triunfo en mi vida.

A mi abuelo:

Francisco Antonio Avelar, por ser un padre para mi en mi vida, dándome su amor, cariño, apoyo y dedicación en la formación de mi educación.

A mi madre:

Maria Luisa Avelar, por darme su amor cariño y paciencia y por todo su esfuerzo por sacarme adelante y por todo su apoyo de manera incondicional hasta la culminación de mis estudios.

A mi Esposo:

Nelson Ernesto de la "O", por darme su apoyo incondicional en todo momento por su amor y paciencia en el transcurso de todo mi estudio.

A mi hijo:

Kevin Adiel de la "O" Avelar, por haberme permitido usar parte de su tiempo para la formación de mi carrera y por ser la fuente principal de mi inspiración para seguir adelante.

Ruth.

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	No Pág.
INTRODUCCION.....	i
MARCO TEÓRICO.....	1
DISEÑO METODOLÓGICO.....	16
RESULTADOS.....	28
CAPITULO 1. DIVERSIDAD DE LIQUENES.....	29
CAPITULO 2. DETERMINACION DE METALES PESADOS.....	56
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	85
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

No Pág.

Tabla 1. Valores de EPA del monitoreo de la calidad del aire en el gran San Salvador $\mu\text{g} / \text{m}^3\text{N}$. (Fuente: Swisscontac/ FUSADES, 2002,).2

Tabla 2. Metales Pesados y Elementos dañinos en la salud humana y sus efectos (Fuente: Cortez, 1998 y Santos Méndez, 2003; tomado de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, s.a.).6

Elementos considerados tóxicos a la salud humana y sus respectivos Límites Permisibles, según (OMS, 1984).

Nutrientes, micronutrientes, elementos tóxicos

Tabla 3. Datos climatológicos promedio anual de las zonas en estudio. (San Salvador y Santo Tomás, Martínez & Argueta, 2003)..... 19

INDICE DE CUADROS

No Pág.

Cuadro 1. Especies de líquenes reportadas en cuatro sitios de muestreo localizados en el Departamento de San Salvador (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).32

Cuadro 2. Frecuencias y densidades absolutas y relativas de las especies de líquenes reportadas en cuatro sitios de San Salvador Campus Universitario, UES, Feria Internacional, Parque –Hospital y Finca Santo Tomás (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).....38

Cuadro 3, Muestra los valores del Índice de Pureza Atmosférica de los cuatro sitios de muestreo en San Salvador (octubre- noviembre de 2004, junio- julio 2005).....42

Cuadro 4. Muestra las frecuencias densidades y cobertura absoluta y relativa así como el Índice de Valor de Importancia (IVI), para los cuatros sitios muestreados en la Ciudad de San Salvador.43

Cuadro 5. Presenta el registro de Metales presente en los talos de los líquenes en cuatro puntos de muestreo del departamento de San Salvador (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).....60

Cuadro 6. Promedios de Concentraciones (P.C) $\mu\text{g/g}$, ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E), de los los metales pesados presentes en las muestra del género *Phyrcia* spp., en el Campus de la Universidad de El Salvador, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005). 61

Cuadro 7. Comparación de los Promedios de Concentraciones (P.C) $\mu\text{g/g}$, ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E) de los los metales pesados presentes en las muestra del género *Phyrcia* spp., en la Feria Internacional, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005)..... 63

Cuadro 8. Comparación de los Promedios de Concentraciones (P.C) $\mu\text{g/g}$, ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E) de los los metales pesados presentes en las

muestra del género *Physcia* spp., en el Parque Cuscatlan, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005)..... 65

Cuadro 9.Comparación de los Promedios de Concentraciones (P.C) $\mu\text{g/g}$, ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E) de los los metales pesados presentes en las muestra del género *Physcia* spp., en la Finca La Esperanza, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005)..... 67

INDICE DE FIGURAS

Identificación taxonómica y descripción botánica de líquenes inventariados.

Fig. 1 *Phyiscia* sp.

Fig. 2 *Phyiscia krogiae* Moberg

Fig. 3 *Phyiscia integrata* Nyl

Fig. 4 *Phyiscia crispa* Nyl.

Fig. 5 *Phyiscia manuelii* Moberg

Fig. 6 *Phyiscia alba* (Fée) Müll. Arg.

Fig. 7 *Phyiscia af lopezii* Moberg

Fig. 8 *Phyiscia pachyphylla* Müll. Arg.

Fig. 9 *Phyiscia lobulata* Moberg.

Fig. 10 *Phyiscia atrostriata* Moberg.

Fig. 11 *Phyiscia cf aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr

Fig. 12 *Phyiscia cf undulata* Moberg

Fig. 13 *Phyiscia cf lacinulata* Müll. Arg.

Fig. 14 *Phyiscia cf erumpens* Moberg

Fig. 15 *Phyiscia af solediosa*(Vain.) Lynge.

Fig. 16 *Parmotrema* sp

Fig. 17 *Parmotrema* sp1

Fig. 18 *Parmotrema dominicanum* (Vain.) Hale.

Fig. 19 *Parmotrema cf mellissii* (C.W. Dodge) Hale

Fig. 20 *Parmotrema cf tinctorum* (Nyl.) Hale

- Fig. 21 *Parmotrema fasciculatum* (Vain.) Hale
- Fig. 22 *Parmotrema cf praesorediosum* (Nyl.) Hale
- Fig. 23 *Parmotrema cf robustum* (Degel.) Hale
- Fig. 24 *Pyxine berteriana* (Fée) Imshaug
- Fig. 25 *Pyxine cocoës* (Sw.) Nyl.
- Fig. 26 *Phyllopsora sp.*
- Fig. 27 *Pertusaria sp.*
- Fig. 28 *Ocellularia sp.*
- Fig. 29 *Cococarpia cf palmicola* (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway
- Fig. 30 *Canomaculina neotropica* (Kurok.) Elix
- Fig. 31 *Candelaria concolor* (Dicks.) B. Stein
- Fig. 32 *Canoparmelia sp*
- Fig. 33 *Canoparmelia cf texana* (Tuck.) Elix & Hale
- Fig. 34 *Cryptotecia sp*
- Fig. 35 *Dirinaria cf applanata* (Fée) D.D. Awasthi
- Fig. 36 *Diorygama sp*
- Fig. 37 *Dichosporidium nigrocinctum* (Ehrenb.) G. Thor
- Fig. 38 *Heterodermia albicans* (Pers.) Swinsc. & Krog
- Fig. 39 *Heterodermia obscurata* (Nyl.) Trevis
- Fig. 40 *Heterodermia cf japonica* (M. Satô) Swinscow & Krog
- Fig. 41 *Leptogium chloromelum* (Ach.) Nyl.
- Fig. 42 *Leptogium af mandonii* P.M. Jørg.
- Fig. 43 *Leptogium sp1*

Fig. 44 *Leptogium sp2*

Fig. 45 *Leptogium sp*

Fig. 46 *Lecanora sp*

Fig. 47 *Myriotrema sp*

Fig. 48 *Graphis sp1*

Fig. 49 *Buellia sp*

Fig. 50 *Bulbothrix goebelii* (Zenker) Hale

Fig. 51 *Rimelia reticulata* (Taylor) Hale & A. Fletcher

Fig. 52 Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectados en el Campus Universitario.

Fig. 53 Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*,colectado en la zona de la Feria

Fig. 54 Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectados en la zona del Parque-Hospitales

Fig. 55 Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectados en la Finca la Esperanza

INDICE DE GRAFICAS

Grafica No.1 Muestra los porcentajes en términos de diversidad de especies de los líquenes inventariados en cuatro sitios de San Salvador.

Gráfico No. 2. Muestra los porcentajes de cobertura los diferentes tipos de talo de los líquenes inventariados en los cuatro sitios de muestreo

Gráfica No. 3. Muestra el número de especies por familia en cada uno de los sitios muestreados.

Grafica No.4. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en el Campus Universitario.

Grafica No.5. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en la zona de la Feria Internacional.

Grafica No.6. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en la zona de Parque – Hospitales.

Grafica No.7. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en la zona de la Finca la Esperanza.

Grafica No. 8. Muestra en términos de porcentajes los valores de Índice de Pureza Atmosférica de los cuatro sitios de muestreo en San Salvador (octubre-noviembre de 2004, junio- julio 2005).

Grafica No. 9, Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en el Campus de la Universidad de El Salvador.

Grafica No. 10 Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en la Feria Internacional.

Grafica No. 11, Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en el Parque-Hospitales.

Grafica No.12 Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en la Finca la Esperanza.

Grafica No. 13 Muestra la tendencia de temperatura promedio de los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).

Grafica No. 14 Muestra la tendencia de Nubosidad en / 10 promedio anual en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).

Grafica No. 15 Muestra la humedad relativa promedio anual en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).

Grafica N° 16 Muestra el promedio anual de Evapotranspiración potencial (mm) en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).

Grafica N° 17 Muestra el promedio anual de Precipitación (mm), en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).

ANEXOS

Anexo 1. Muestra en un corte transversal la estructura general de un líquen.

Anexo 2. Muestra corte transversal de estructura reproductora de líquen.

Anexo 3. Distribución de puntos de muestreo ubicados en la finca la esperanza. Municipio de Santo Tomás. Departamento de San Salvador.

Anexo 4. Distribución de puntos de muestreo ubicados en el Campus Universitario. Departamento de San Salvador.

Anexo 5. Ubicación de puntos de muestreo en el Parque Cuscatlán. Departamento de San Salvador.

Anexo 6. Distribución de puntos de muestreo ubicados en la Feria Internacional. Departamento de San Salvador.

Anexo 7. Hoja de campo para la colecta de líquenes en tres sitios de la ciudad de San Salvador.

Anexo 8. Muestra las fases de fotoionización y estabilización del átomo durante el proceso de excitación de la muestra analizada.

Anexo 9. Muestra al experto José Luís Chávez realizando el proceso de identificación de líquenes.

Anexo 10. Muestra la separación de líquenes en tubos de ensayo

Anexo 11. Muestra el líquen en el proceso de macerado, para preparar la solución a utilizar en el análisis

Anexo 12. Muestra los datos individuales de metales pesados de cada muestra analizada a partir de las cuales se obtuvieron los promedios

Anexo Nº 13. Diagrama de bloques del montaje experimental para realizar la técnica de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total

RESUMEN

Como resultado de la investigación, Identificación de las especies de líquenes consideradas bioindicadoras de la calidad del aire en cuatro sitios de San Salvador (Campus universitario de la Universidad de El Salvador, Feria Internacional, Parque Cuscatlan, Finca la Esperanza), se identificaron un total de 22 géneros y 51 especies distribuidas en 11 familias y 5 ordenes, se reportan dos especies nuevas para El Salvador ***Phyrcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr** y ***Parmotrema fasciculatum* (Vain.) Hale**; y se determina que *Phyrcia spp* acumula metales pesados, (Plomo, Níquel, Cromo, Selenio), los valores de IPA oscilan de 14.74 para Campus Universitario de la Universidad de El Salvador y – 1.2 para el Parque Cuscatlan, el valor máximo de IPA corresponde a una zona muy bien conservada.

El Índice de Valor Importancia (IVI), mayor corresponde al género *Phyrcia solediosa* con 37.31 y el valor menor fue 0.98 para varias especies.

Utilizando la técnica de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total, se selecciono el género *Phyrcia spp*, para realizar el análisis, encontrándose un total de 21 Metales Pesados en los talos de los líquenes, el sitio donde se encontró mayor incremento de Metales Pesados fue en la Feria Internacional, seguido del Campus Universitario, Finca la Esperanza, y en cuarto lugar se ubica el Parque Cuscatlan, esto evidencia que el género elegido es un buen bioacumulador dado que cumple las características de acumular elementos.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la dinámica actual de desarrollo económico, la contaminación del aire es un proceso inevitable, como producto de la modernización de las sociedades que demandan cada vez más altos consumos de energía en la producción de bienes y servicios, aunado al incremento de productos y desechos no biodegradables, lo cual unido a la urbanización desordenada y un intenso tráfico vehicular agravan la calidad del medio en que se desarrollan las actividades humanas; lo cual hace necesario realizar investigaciones que permitan desarrollar monitoreos permanentes de la calidad del aire; ya que se requieren instalaciones equipadas con equipo caro, y unidas en redes con una variedad de sensores y otros dispositivos que midan continuamente los niveles de los principales contaminantes del aire. En El Salvador, no existen hasta el momento tales facilidades, por la alta inversión que ello conlleva.

Sin embargo, existen métodos indirectos y menos costosos para el monitoreo de la calidad del aire; utilizando bioindicadores, cuya presencia o ausencia en un espacio dado es una manera indirecta de detectar la presencia de elementos contaminantes; por tal razón se ejecutó esta investigación en cuatro sitios críticos de San Salvador (Finca la Esperanza (Santo Tomás), Campus de la Universidad de El Salvador, Zona Parque Cuscatlán-Hospitales, Feria Internacional); con el objetivo de determinar la presencia de líquenes considerados bioindicadores de la calidad del aire y el grado de contaminación por metales pesados que se encuentran en sus talos.

La investigación se desarrollo en tres fases, la primera consistió en la colecta e identificación de líquenes; la segunda en determinar los líquenes a considerar como bioindicadores a través de la determinación de la presencia de metales pesados en talos de los líquenes, a través de un análisis con Fluorescencia de Rayos-X por Reflexión Total y la tercera para analisis de datos donde se calculo el Índice de Pureza Atmosferica e Índice de Valor Importancia. También se aplico estadística descriptiva para determinar densidad y frecuencia de las especies colectadas. Se cuantificaron las concentraciones de metales pesados en tejidos de las especies liquenicas identificadas, con el fin de obtener un diagnóstico indirecto de la calidad de aire en los cuatro lugares antes mencionados de la ciudad de San Salvador.

II. MARCO TEORICO

1. CONTAMINACION DEL AIRE.

1.1. ESTADO ACTUAL

En el área metropolitana de San Salvador, el 70% de las emisiones al aire proviene de la flota vehicular de acuerdo con datos proporcionados por el viceministerio de transporte, el crecimiento del parque automotor en todo el país en los últimos cinco años es del 7-8% anual entre vehículos nuevos y usados. La edad promedio de las unidades de transporte de pasajeros es mayor de 15 años y el promedio de edad del resto de vehículos es de 10 años (MARN & PNUMA, 2002).

De acuerdo con los datos proporcionados por FUSADES (2002), desde 1997 al 2002 (Tabla 1), los niveles de contaminación por partículas menores de 10 micras (PM_{10}) y de dióxido de Nitrógeno (NO_2), durante los primeros años del monitoreo, se encontraron por encima de los valores ($40\mu g-50\mu g/m^3$) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y La Agencia de Protección Ambiental (EPA/USA) respectivamente. Sin embargo, en el año 2002, los valores de estos están por debajo de los valores guías; se puede establecer entonces que los datos registrados hayan estado influenciados por los sistemas de control de emisiones instalados durante la fabricación de vehículos; por lo tanto, se requiere de un monitoreo sistemático y permanente con el fin de contar con un diagnóstico más completo y preciso a nivel nacional. El comportamiento del Dióxido de Nitrógeno, observa un patrón estacional, ya que la mayor presencia de este contaminante se registra al final de la época seca en contraposición con la época lluviosa, cuando los niveles son más bajos, tal como se observa en la (Tabla 1)

Tabla 1. Valores de EPA del Monitoreo de la calidad de aire en el gran San Salvador en $\mu g / m^3 N$. (Fuente: Swisscontac/ FUSADES, 2002,).

Contaminante	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Valor guía Mg/m ₃
NO_2	53.9	62.3	34.35	45.0	40.75	39.81	40
PTS	332.0	278.0	90.30	102.2	96.0	-	75
PM_{10}	63.0	52.0	56.53	50.0	47.35	36.91	50
Plomo(pb)	0.04	0.01	-	-	-	-	0.5
Ozono(O_3)	43.8	49.0	56.51	27.5	30.65	15.56	60

La contaminación atmosférica es un problema principalmente urbano, debido a la concentración de vehículos e industrias, y por la alta generación y consumo de energía a partir del petróleo y derivados, como también de leña, principalmente en el área metropolitana de san Salvador.

SWISSCONTAC (fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico) y FUSADES (Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social), están desarrollando desde marzo de 1996 mediciones sobre la calidad del aire en 7 lugares del Gran San Salvador (Boulevard Santa Elena, Intercepción Paseo General Escalón y Fuentes Beethoven, Hospital de maternidad, Avenida Olímpica, Boulevard del Ejercito, Soyapango, Santa Tecla y Primera calle poniente frente al Centro Comercial Galerías); en estos puntos de monitoreo se miden las cantidades de Bióxido de Nitrógeno, Plomo, Material particulado en suspensión, Monóxido de Carbono.

Puig (2004), plantea que en términos generales, en diversas naciones del mundo, la actividad industrial y minera entre otras, arrojan al ambiente metales pesados identificados desde hace muchos años como tóxicos para la salud, tanto de los ecosistemas en general, como para la salud humana en particular; los metales pesados, tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios; y los de mayor utilización y consumo son: Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Mercurio, Níquel, Plomo, Estaño, y Zinc.

CONSUMER (2001), plantea que todos los metales pesados originados en las fuentes de emisión de gases producidos por las actividades antropogénicas (combustión de hidrocarburos refinados: gasolinas, diesel, etc.) son en extremo dañinos para la salud humana y para la mayoría de las formas de vida, ya que quedan suspendidos en el aire que se respira.

Según Arguello (1994), en El Salvador, se estima que el sector de transporte es el responsable de toda la contaminación del aire exterior, y que la industria, los hogares, las quemaduras de los campos y los desechos sólidos, así como el polvo de las carreteras, contribuyen significativamente a la contaminación del aire, sin embargo, se debe investigar más para conocer la contribución que hacen a la contaminación las fuentes antes mencionadas.

Debido a que el sector de transporte es la fuente principal de contaminación del aire es de esperar que las partículas continúen aumentando, ya que el tráfico vehicular se duplicó entre 1990 y 1995. Tal como lo plantea Puig (2004), los motores diesel emiten cantidades de partículas generando entre 30 y 70 veces más partículas contaminantes que un motor de gasolina con un convertidor catalítico; con lo cual se estima que los 4 millones de residentes en el área metropolitana de San Salvador están expuestos a una concentración promedio anual de 40 μg de ppm.

Arguello (1994), establece que las partículas (sulfatos, nitratos, plomo, entre otros,) originadas por la combustión de los productos de petróleo utilizados en los diferentes procesos industriales; como también las liberadas y suspendidas en la atmósfera a partir de la combustión de fuentes naturales son más peligrosas debido a que permanecen en el aire por más tiempo que las partículas más grandes, y a la toxicidad que provocan en los seres vivos, por la facilidad con que penetran a las vías respiratorias durante la respiración provocando enfermedades pulmonares.

Estudios recientes se han enfocado en investigar los efectos que provocan los metales pesados tanto en los ecosistemas, como en la salud humana; por lo tanto, se conoce mucho más sobre los efectos de estos elementos, cuya exposición está relacionada con problemas de la salud tales como, malformaciones congénitas, varios tipos de cáncer, daños en el sistema urinario, etc; y en el peor de los casos, incluso llegan a provocar la muerte; de tal manera que la relación con niveles elevados de mercurio, oro y plomo ha estado asociada al desarrollo de la auto-inmunidad (el sistema inmunológico ataca a sus propias células tomándolas por invasoras). La auto-inmunidad puede derivar en el desarrollo de dolencias en las articulaciones y riñones, tales como la artritis reumática, y enfermedades de los sistemas circulatorios y nervioso central. También se plantea que a pesar de las pruebas existentes, sobre los efectos nocivos para la salud humana, que ejerce la exposición a metales pesados de manera continua; esta exposición ha ido en incremento por la falta de una política gubernamental consensuada con aquellos que producen dichos contaminantes y con la población; por ejemplo, el mercurio todavía se utiliza en las minas de oro de América Latina. El arsénico, junto con los compuestos de cobre y cromo, es un ingrediente común en los preservantes de madera, entre otros (CONSUMER, 2001).

2. DAÑOS EN SALUD HUMANA.

Según CONSUMER (2001), las enfermedades respiratorias, compiten con las gastrointestinales, por ser la causa más generalizada de problemas sanitarios en el territorio de El Salvador; ambas patologías inducidas casi siempre por las actividades humanas, constituyen un factor de mortalidad de aproximadamente 11.000 niños cada año; en los dos tercios de ellos las enfermedades respiratorias fueron la causa principal de muerte, el 44%, son niños entre 1 y 12 meses de edad y el 41% entre 1 y 5 años; por otro lado, más de la mitad de todos los niños menores de 5 años padecen al menos de una de Infección respiratoria.

Por otro lado, a diferencia de las gastrointestinales, la tasa de enfermedades respiratorias son extremadamente altas en adultos y en particular para persona de la tercera edad; cuya fuente principal es la contaminación ambiental (Puig, 2004).

Entre los muchos contaminantes que diariamente se descargan a la atmósfera como producto de la actividad humana, se citan el plomo, azufre, monóxido y dióxido de carbono, los cuales son causantes de problemas serios en términos de salud; el plomo puede llegar a producir problemas oculares, retardo en la capacidad de aprendizaje de los niños, alteraciones en el sistema nervioso y respiratorio; el dióxido de azufre agrava las enfermedades del aparato respiratorio y el monóxido de carbono también provoca alteraciones bronco-pulmonares (cáncer de pulmón, enfisema, bronquitis, asma, pérdida de elasticidad y disminución de la capacidad pulmonar) provocando la pérdida o disminución de la capacidad respiratoria (Alfaro, 1998; Monje-Nájera, 1990, Moreno, s.f.), citado por Monje Nájera, (1999).

Puig (2004), plantea que a nivel mundial, es alto el costo de la efectividad de eliminar el plomo de los hidrocarburos refinados (gasolina, diesel, etc.); razón por la cual ningún organismo estatal, ni los dueños del transporte contaminantes asumen este costo, pese a toda la problemática que se genera en la salud humana; por otro lado además de los contaminantes en el aire, se tiene el gran problema en el suelo y en el agua; ya que el estudio realizado por Santos Méndez (2003), reporta para las hortalizas irrigadas por los ríos Sucio y Las Cañas, diferentes elementos y metales pesados, tal como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2 Metales Pesados y Elementos dañinos en la salud humana y sus efectos (Fuente: Cortez, 1998 y Santos Mendez, 2003; tomado de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, s.a.)

ELEMENTOS	EFFECTOS A LA SALUD
CADMIO	Nauseas, salivación, vomitos, lesiones al hígado e insuficiencia renal, diarrea, disturbios sensoriales, calambres,
PLOMO	Alteración en la química de la sangre, en los riñones; problemas en el desarrollo mental, retrasos en el desarrollo físico y mental de los niños, déficit de la vista, oído y en las habilidades de aprendizaje de los niños y aumento en la presión sanguínea de los adultos.
COBRE	Dolor de estómago e intestino, daños en los riñones e hígado, y anemia.
CROMO	Irritación en la piel, o ulceraciones, daños al hígado, y anemia
MERCURIO	Daños en los riñones.
NIQUEL	Irritación en la piel, daños al hígado y corazón y obesidad
SELENIO	Cambios (pérdida) en pelo y uñas, daños en los tejidos e hígado, riñones y nervios, fatiga e irritabilidad.
AZUFRE	Asma bronquial, cuyos ataques empeoran cuanto mayor es la contaminación, pues además estas sustancias irritan las vías respiratorias
MONÓXIDO DE CARBONO	Acumulado en el organismo produce daños en el sistema respiratorio y circulatorio, dolores de cabeza, visión borrosa y fatiga.
DIOXIDO DE NITRÓGENO	En los niños aumenta las enfermedades respiratorias
MATERIAL PARTICULADO	Afectan la capacidad para respirar por la alteración en las mucosas, tos, irritación nasal y de los ojos.

3. BIOINDICADORES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA

Existen diversos organismos que han sido considerados como bioindicadores de la calidad del aire, tales como: Hepáticas, Anthoceros, Musgos, algunos hongos, líquenes y bromelias; para esta investigación se seleccionó el grupo taxonómico de los líquenes; por su sensibilidad a los contaminantes atmosféricos (Duffus, 1983. Citado por Enzensberg, 2004).

3.1. IMPORTANCIA DE LOS LÍQUENES COMO ESPECIES BIOINDICADORAS

En el siglo XIX los líquenes fueron reconocidos por primera vez como posibles bioindicadores, pero fue hasta 1960, al ser identificado el dióxido de azufre como el factor principal que influencia el crecimiento, distribución y salud de los líquenes. (Hawksworth *et.al*, 2005). De tal manera, que se puede definir un organismo bioindicador, en su sentido más amplio, como aquel cuyas funciones vitales se relacionan con efectos medio ambientales, tanto naturales como antropogénicos, de tal manera que pueden ser utilizados para señalar la presencia de alguno de estos factores (Hawksworth *et.al*, 2005). Valencia & Ceballos (2002), establecen que las especies que se escogen como bioindicadoras deben de ser de amplia distribución, fácilmente reconocibles, con buena tolerancia y biomasa suficiente.

Según Valencia & Ceballos (2002), las razones por las cuales los líquenes se están utilizando para este tipo de investigaciones, es por su gran sensibilidad, estrechamente relacionada con su biología, ya que la alteración del balance simbiótico entre el fotobionte y micobionte puede evidenciarse con rapidez, por la ruptura de la asociación simbiótica liquenica; esta separación no solo ocurre por la presencia de sustancias en concentraciones tóxicas, sino también, por la alteración de las sustancias nutritivas a favor de uno o de otro de los componentes. No todos los líquenes son igualmente sensibles a la contaminación aérea y diferentes especies muestran una marcada diferencia en este aspecto.

Anatómicamente los líquenes no poseen estomas ni cutícula, lo cual significa que los gases y aerosoles se puedan absorber por el talo y difundirse rápidamente hacia el tejido donde está el fotobionte. La ausencia de estas estructuras tampoco les permite excretar las sustancias tóxicas, o la selección de las sustancias que absorben lo cual hace que los gases al igual que el agua de lluvia sean absorbidos en toda su superficie (Valencia & Ceballos, 2002). Hawksworth *et.al*, (2005) establecen que en la actualidad, se conoce que además del dióxido de azufre, una amplia gama de otros compuestos (amoníaco, fluoruros, polvo alcalino, metales pesados, metales radioactivos, hidrocarburos clorados), así como la eutroficación y la lluvia ácida puede ser detectado y monitoreado, a través del análisis de los líquenes.

4. PROCESOS DE BIOMONITORIZACIÓN.

Unión Europea (2003), plantea que desde la revolución industrial, se desarrollan actividades productivas que han ocasionado un creciente aumento a través de los años, de la contaminación del aire, agua y suelo; razón por la cual, ha sido la propia naturaleza la que ha generado mecanismos para determinar el estado de deterioro de los ecosistemas, ya que según (Puig, 2004), las especies vegetales y / o animales consideradas bioindicadoras, son aquellos organismos (o parte de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estado de un ambiente dado; así mismo el hombre a su vez, ha desarrollado una opción para determinar el estado de degradación del medio; la cual, se conoce con el nombre de monitoreo.

Históricamente, los sistemas para monitorización de la contaminación por metales pesados son físicos o químicos, los cuales debido a su elevado costo y a la dificultad de crear sistemas de redes de estaciones lo suficientemente amplias, ha hecho que cada vez más, se utilicen los bioindicadores, lo cual, supone manejar un equipo mínimo, por lo que resulta útil y económico (Puig, 2004). Las investigaciones realizadas en este proceso, no se refieren únicamente al aprovechamiento de animales ó plantas superiores como bioindicadores; sino también a las plantas inferiores (criptógamas), tales como los musgos; y los líquenes que merecen una consideración especial debido a que presentan una sensibilidad extremadamente alta a los contaminantes atmosféricos Duffus (1983), citado por (Enzenberg, 2000).

Como bioindicadores, los líquenes, son sensibles a la lluvia ácida, a la presencia de hidrocarburos, aceites, etc.; por lo que se produce una drástica disminución del número de individuos en las regiones contaminadas; por lo tanto, una buena planificación permitirá hacer de la biomonitorización un efectivo instrumento de análisis de ecosistemas que permitirá desarrollar estrategias viables de gestión y conservación viables (Unión Europea, 2003). Actualmente, la utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica reconocida que permite el estudio de las condiciones ambientales de un ecosistema, ya que reflejan la integración de las características del ambiente en un tiempo y espacio dado, en una comunidad determinada (Puig, 2004).

Los indicadores de contaminación por desechos industriales generalmente son resistentes a la falta total o parcial de oxígeno, a la baja intensidad de luz, etc.; en el caso particular de los vegetales, éstos acumulan metales pesados y de esta manera se determina la calidad de aire según la precipitación hacia el suelo y los factores de escorrentía que los lavan, por que se absorben por las raíces (Puig, 2004).

Las investigaciones sobre organismos indicadores de polución comprenden el estudio auto-ecológico (in-situ) y de laboratorio (ex-situ), para establecer los límites de tolerancia de una especie a una sustancia o a una mezcla de ellas mediante ensayos de toxicidad; y el sinecológico, que se basa en la observación y análisis de las características ambientales de los sitios en los cuales se detectan con más frecuencia poblaciones de organismos de cierta especie, considerada como un bioindicador (Puig, 2004). Según el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) (2004), las especies vegetales son excelentes bioindicadoras, que permiten conocer el estado de un ecosistema.

Puig (2004), clasifica a los organismos considerados bioindicadores, en dos grupos:

1. Bioindicadoras o Indicadores Cualitativos, los cuales presentan efectos visibles tras ser expuestas a la contaminación; y deben presentar características particulares, para ser empleadas como tal; esto es: Ser abundantes, sensibles al medio en que desarrollan su ciclo de vida, de fácil y rápida identificación; además, que su ecología y ciclo biológico hayan sido bien estudiadas y con poca movilidad, tal es el caso de este tipo de organismo que son sedentarios.

2. Bioacumuladoras o Indicadores Cuantitativos, aquellos que acumulan grandes niveles de contaminación.

La Escuela de Ingeniería de Antioquia (2004), establece que la utilización de estos indicadores puede hacerse de dos maneras: **Descriptiva**, por la **presencia** o **ausencia** y por un desarrollo bueno o escaso de sus estructuras; y la **Cuantitativa**, por **la abundancia** y el **tamaño** de la población de estos organismos. Así mismo, plantea que estos bioindicadores pueden ser de dos tipos: **Actuales**: los que constituyen la cobertura vegetal actual; y los **Paleoindicadores**, como los granos de polen y los restos fósiles.

5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS LÍQUENES

Según (Enzenberg, 2000) en el Dictionary of The Fungy, un liquen es una asociación simbiótica autosuficiente de un hongo (micobionte) y un alga (fotobionte); sin raíces, hojas o flores, que toman el agua y sus nutrientes fundamentalmente a partir de la atmósfera; ambos obtienen beneficio, el alga genera sustancias orgánicas producidas en la fotosíntesis y agua del medio; y el hongo nutrientes y minerales; también plantea que los líquenes son realmente hongos que han adoptado un modo de vida en asocio con algas microscópicas o cianobacterias, y que esta estrategia, es de gran éxito desde el punto de vista evolutivo, ya que les ha producido una gran diversificación en el número de especies; y que se encuentran en casi todas las partes del globo terrestre, tapizando las superficies de rocas, corteza de troncos y ramas, claros del suelo, vidrio, cemento, tejas, monumentos, etc.

Según (Enzensberg, 2000), los líquenes cubren el 8% de la superficie terrestre, y estima que hay en el mundo unas 20.000 especies.

5.1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN LIQUEN

La estructura general está formada por hifas entretrejidas que rodean y protegen el alga. El talo puede ser homómero (no se aprecia ninguna estratificación y las algas se hallan repartidas de manera uniforme entre las hifas.

Si el talo es heterómero los estratos se pueden apreciar y el alga se halla en una capa próxima a la superficie, llamada capa gonidial. La médula se encuentra por debajo de la capa y está formada por las hifas.

La zona que está en contacto directo con el sustrato recibe el nombre de córtex inferior, y pueden aparecer hifas cuyo propósito es la fijación del liquen al soporte (Rivera, 2002) (Anexos No.1 y 2).

5. 2. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUENES

Según Rivera (2002), los líquenes se clasifican por el hábitat que utilizan y por la forma o morfología externa general del talo; y dentro de esta clasificación, los líquenes epifitos son los que se reportan con mayor valor como bioindicadores de la calidad del aire, por su sensibilidad frente a cambios en su entorno, lo cual los hace especialmente valiosos, tal como se observa en las tablas que a continuación se presentan:

Por el Hábitat:

TIPO	HABITAT
Endolíticos:	Si se desarrollan y colonizan el interior de las rocas.
Epilíticos:	Si se desarrollan y colonizan en la superficie de las rocas.
Epiflóricos:	Si crecen y colonizan en la superficie de la tierra.
Endoflóricos:	Si crecen en el interior y colonizan la tierra o de los árboles.
Epifitos:	Si crecen y colonizan la corteza de troncos y ramas de los árboles.
Folicolas:	Si crecen sobre la superficie de las hojas.

Por la morfología:

TIPO	MORFOLOGÍA EXTERNA
Gelatinosos:	De consistencia de gelatina y deben su forma a las algas que lo componen.
Crustáceos:	Si se presentan como costras irregulares que se adhieren al suelo, rocas o tronco de los árboles y penetran, al menos en parte, en el sustrato.
Foliáceos:	Con el talo laminar por lo regular lobulado, se fijan por medio de grupos de hifas alargadas (rizinas), con las que absorben agua y sales minerales
Fruticulosos:	Presentan una posición erecta y ramificaciones similares a las de un arbusto. Se fijan en el sustrato mediante una base estrecha.

5. 3. Fisiología.

Presentan alta tolerancia a circunstancias ambientales desfavorables, y en el momento de desecación ya sea por el sol ó por el viento suspenden su actividad, la cual inicia nuevamente al recobrar el agua por medio de la lluvia ó del rocío que adsorben a través de las resinas ó del tomento. Esta forma de vida intermitente limita su crecimiento, pero les permite vivir en lugares donde difícilmente podría desarrollarse una planta (Rivera, 2002).

5. 4. Ecología de los líquenes.

La naturaleza del sustrato determina la distribución y crecimiento de los líquenes. Se puede afirmar que crecen sobre cualquier superficie bien iluminada como las rocas, las cortezas de los árboles ó el suelo (Rivera, 2002). Aunque no son exigentes con la humedad y la temperatura si son muy específicos del sustrato en que se desarrollan.

Los líquenes que crecen sobre los árboles no son los mismos de los que viven sobre las rocas, y aún son distintos aquellos que crecen sobre las rocas silíceas ó sobre rocas calcáreas; hay líquenes que prefieren sustratos ricos en nitrógeno y se desarrollan en áreas frecuentadas por el hombre (Rivera, 2002). La capacidad de absorber y acumular diversas sustancias presentes en el ambiente ocasiona que la mayoría de los líquenes no toleren la contaminación, la acumulación de sustancias contaminantes y su imposibilidad de excretarlas, retardan su crecimiento, dificulta su reproducción y pueden causarles muerte; de esta forma los líquenes se consideran indicadores naturales ó bioindicadores de la contaminación atmosférica (Durán, 1997, citado por Rivera 2002).

5. 5. REPRODUCCIÓN.

Los líquenes presentan dos tipos de reproducción: sexual y asexual. La reproducción asexual tiene lugar por la fragmentación del talo. La pérdida de agua por desecación hace que el talo se vuelva frágil, rompiéndose por el viento, facilitando la dispersión de los fragmentos (Rivera, 2002). Cada fragmento puede originar un nuevo talo en otro lugar. Está es la forma de reproducción más común entre los líquenes. La reproducción sexual esta a cargo del hongo, que desarrolla ascocarpos ya sea en forma de apotecio ó de peritecio. Los apotecios en forma de disco abierto, se presentan sobre el talo, mientras que los peritecios se hunden en él y ambos liberan las esporas (Rivera, 2002).

6. TECNICA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X POR REFLEXION TOTAL

La técnica es relativamente nueva y ha sido aplicada con éxito en análisis de minerales, suelos, vegetales, y otros sistemas químicos complejos. Es posible la detección con el espectrofotómetro de rayos x de todos los elementos con número atómico mayor a 12. La cantidad de energía que se requiere para excitar los electrones del nivel k o L de un elemento aumenta a medida que se incrementa el numero atómico La espectrofotometría por fluorescencia de rayos x es una poderosa herramienta en el análisis cuantitativo con una precisión que depende de la naturaleza de los patrones de calibración, así como de modelos matemáticos que corrijan los efectos de matriz (Díaz, 2000)

La fluorescencia de rayos x propiedad espectral de los átomos, se utiliza actualmente en análisis químico para obtener información cualitativa y cuantitativa acerca de la composición elemental de la muestra. El fundamento del método se basa en irradiar la muestra con un haz de rayos x. (Rouessac, F & Annick R, 2003). La Técnica de fluorescencia de rayos x por reflexión total es una técnica especial de fluorescencia de rayos x dispersiva en energía en la cual el haz primario que existe a la muestra incide en un ángulo de unos pocos miliradianes sobre la misma la cual debe ser depositada como una delgada capa sobre un reflector de cuarzo pulido y aplanado. (Eppis M.R *et al* s.a).

El ángulo de incidencia debe ser igual o muy próximo al ángulo de reflexión total para obtener la geometría adecuada para esta técnica. De esta manera la radiación incidente prácticamente no interactúa con el soporte, lo queda lugar a una importante reducción de la radiación dispersada y a un argumentó sustancial de la relación señal/fondo lo cual permite la determinación de elementos nivel de trazas. (Eppis M.R *et al* s.a). La Técnica de fluorescencia de rayos x por reflexión total requiere que la muestra este en estado líquido y el agregado de una cantidad conocida de un elemento como estándar interno (E1) (Eppis M.R *et al* s.a).

6.1. FUNDAMENTOS DE LA TÉCNICA.

Cuando un material se irradia con una fuente emisora de fotones o de partículas de alta energía (de 5 a 60 keV), se observa una fotoluminiscencia situada en la región de los rayos x, producido por los átomos ionizados. El estudio del espectro correspondiente muestra que se trata de radiaciones de fluorescencia cuyas longitudes de ondas son características de los átomos e independientes de las combinaciones químicas en las que se encuentra. (Rouessac, F & Annick R, 2003)

6. 1. 1. EXCITACIÓN DE MUESTRA.

La probabilidad de excitar un átomo y detectar sus rayos x característicos secundarios depende de los siguientes factores:

- 1- Intensidad de la radiación primaria del material a ser irradiado

- 2- Probabilidad de que se produzca efecto fotoelectrico con los electrones de un nivel definido.
- 3- La absorción que pueda sufrir la radiación secundaria
- 4- Eficiencia o capacidad de conteo del sistema de detección. (Díaz, 2000)

6.2. ESPECTRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X.

La fluorescencia de rayos x de un átomo aislado se deriva en dos fases:

a. FASE DE FOTOIONIZACIÓN DEL ÁTOMO.

En esta, el impacto de un fotón exterior incidente se traduce por la expresión de un electrón interno del átomo, pudiendo ser un electrón k, si el fotón tiene suficiente energía; este efecto fotoelectrico conduce a la emisión de un fotoelectrón. Cada fotoelectrón tiene como energía la diferencia entre la del fotón incidente x y la que corresponde al nivel ocupado inicialmente por el electrón despedido.

b. FASE DE ESTABILIZACIÓN DEL ÁTOMO.

Corresponde a la reemisión total o parcial de la energía adquirida en el transcurso de la excitación; el hueco creado en primer lugar es seguido de una reorganización casi instantánea (10^{16} s) de los electrones situados en los diferentes niveles del átomo que llevan rápidamente al átomo a su estado fundamental denominado E1 a la energía previa a la excitación del electrón expulsado y E2 a la energía necesaria para reemplazar el electrón (Rouessac, F & Annick R, 2003) (Anexo 8)

6. 3. TIPO DE MUESTRA.

Muestra infinitamente delgada, para este caso es posible una evaluación cuantitativa cuando se preparan estándares similares en composición a la muestra. Una simple relación de proporcionalidad entre las concentraciones permite una rápida evaluación cuantitativa.

7. COMPONENTES DE UN ESPECTROFOTOMETRO DE FLUORESCENCIA

7.1. FUENTES DE EXITACION PARA TXRF

Según Rouessac (2003), para producir la fluorescencia de rayos x por reflexión total (txrf), en los átomos, se debe disponer de una fuente de rayos x denominada

fuentes primarias; estas fuentes están constituidas tanto por generadores de rayos x (tubos) provistos de filtros de salida como por radioisótopos particulares.

Por otro lado, según Díaz (2000), las características de una fuente de excitación son: que sea estable, eficiente, y suficientemente energética para excitar los elementos de interés.

7.2. Tubos de rayos x.

En un recipiente al vacío, un haz de electrones acelerado por una diferencia de potencial (ddp) continuo, que puede alcanzar los 50 kV, golpea un ánodo constituido por un metal de número atómico z situado entre 25 y 75; y cuando mayor es el número atómico del elemento más energéticas serán estas radiaciones.

7.3 Radioisótopos.

El proceso sucede como si uno de los dos electrones del nivel k del átomo desapareciese súbitamente en el núcleo, siendo el hueco creado el origen de una emisión de fluorescencia de rayos x del núcleo hijo.

8. SISTEMA MULTICANAL

El analizador multicanal consta de varios cientos de canales separados cada uno, el cual se ajusta a una ventana de potencial diferente donde se mide y se ordenan los pulsos que llegan, generando un histograma digital de espectros de energía, de tal manera que el eje x es calibrado en términos de energía y eje y aparece el número de cuentas (Díaz, 2000).

9. DETECTORES DE RAYOS X

La función de un detector o transductor de rayos x es la de convertir la energía de los fotones emitidos (por una muestra previamente excitada) el impulso de tensión eléctrica susceptible a ser contado con lo que se tiene una medida de la radiación incidente. En general se tiene tres tipos de transductores detectores: de gas, de centelleo y de semi-conductores. La detección del haz se registra en forma digital, con base en el número de cuentas por unidad de tiempo en un área (Díaz 2000).

10. DETECTORES SEMICONDUCTORES.

Para el análisis se empleó un detector semiconductor de Silicio - Litio (Si-Li; el cual operan como las cámaras de ionización, cuyo fundamento se detalla a continuación:

1. Los fotones de rayos X que penetran en el detector interactúan primeramente por efectos fotoeléctricos, para producir una nube de ionización en forma de electrones y huecos.
2. Estos detectores poseen una región intrínseca (libre de cargas) que se forma por una depleción, donde los fotones al incidir arrancan electrones.
3. La región intrínseca (libre de cargas), es proporcional a la energía del fotón, para esto se aplica un alto voltaje, logrando ampliar la región desértica (depletada), lo que acelera los electrones produciendo una carga que es colectada por el preamplificador.
4. Los portadores de carga ahí producidos son colectados por los electrodos, con la consecuente formación de un débil pulso de corriente que es amplificada por un preamplificador (Díaz 2000).

III. DISEÑO METODOLÓGICO

A. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

San Salvador se encuentra ubicado en la zona central de la república de El Salvador, limitado al Norte por Chalatenango, al Este por Cuzcatlán y La Paz; al Sur y Oeste, por La Libertad. San Salvador se localiza entre las Coordenadas: 14° 03'55" LN (extremo septentrional), y 13°28'48"LN (extremo meridional); 89°09'29" LWG (extremo oriental) y 89°17'34" LWG (extremo occidental), ubicándose a una altitud de 700msnm. El municipio de la ciudad de San Salvador esta limitado por los siguientes municipios: al norte por Cuscatancingo, Mejicanos y Nejapa y al este por Soyapango, Ciudad Delgado, San Marcos y Panchimalco, al este, por Antiguo Cuscatlán y Nueva San Salvador, se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas de 13°41'53" LN (extremo septentrional), 13°37'35"LN (extremo meridional), 89°09'41" LW (extremo oriental), 89°16'36" LW (extremo occidental) (Instituto Geográfico Nacional, 1990, citado por Fuentes Escoto 1998).

B. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS SITIOS EN ESTUDIO

B.1. FINCA LA ESPERANZA.

Propiedad del MAG, (Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería) con una extensión de 92.23ha (24.90Km), los cuales en su mayor parte corresponden a la zona montañosa intermedia del país; adquirida para desarrollar, proyectos y actividades de conservación; ubicada a una altitud de 720msnm, en el Cantón Potrerillos, Municipio de Santo Tomás, San Salvador; conformado por 9 cantones y 11 caseríos, a una distancia de 13km al sur-este a la ciudad de San Salvador. Se ubica entre las coordenadas 13°36' de Latitud Norte y 89°08' de Longitud Oeste.

En cuanto a la topografía del lugar, las curvas de nivel oscilan desde los 800 msnm, la más alta, hasta los 600msnm la más baja, en un trecho de 700metros lineales con una pendiente entre el 25% y el 30%. Según el censo poblacional de 1992, el número de habitantes del municipio es de 21,448 personas, de las cuales 10,510 corresponden al género masculino y 10,938 al género femenino, siendo su densidad

poblacional de 882 habitantes por Kilómetro (Cortés Ortiz, *et al.*, 2001; citado por Martínez y Argueta, 2003), (Anexo No.3).

B. 2. CAMPUS UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

El Campus de la Ciudad Universitaria, ubicado al Norte de la ciudad de San Salvador, en el Departamento de San salvador, tiene como limite geográfico a la urbanización Universitaria Norte, al Este, con las colonias La Fosa y El Refugio, al Oeste con las colonias: Santa Fe y Centro Urbano Libertad y al Sur, con la urbanización San Carlos, Autopista Norte y el Boulevard los Héroes (Instituto Geográfico Nacional, 1990, citado por Fuentes Escoto 1998). Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas de 13°43'04" LN y 89°16'36" LW (Anexo No. 4).

B. 3. ZONA HOSPITALARIA.

La zona hospitalaria tiene como límite geográfico al Norte con la Alameda Juan Pablo II, al Este con el Liceo Salvadoreño y Gimnasio Nacional, al Oeste con la 21 Avenida Sur y 4ta calle poniente Y calle Melida Anaya Montes, al Sur limitado con la colonia BLOOM y la 6ta calle poniente. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas de 13°42'03" LN y 89°12'19" LW (Anexo No 5).

B. 4. ZONA FERIA INTERNACIONAL.

Tiene como limite geográfico al Norte con el Boulevard del Hipódromo y la colonia Las Palmas, al Este colinda con la avenida La Revolución y la Quebrada La Lechuza, al Oeste con El Parque Nacional de Béisbol y la avenida Independencia, al Sur colinda con la Colonia Manuel José Arce y con la Avenida Artillería. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas de 13°41'14" LN y 89°14'22" LW (Anexo No. 6).

C. CARACTERISTICAS ABIOTICAS DE LA CIUDAD SAN SALVADOR.

C. 1. CLIMA.

La Temperatura promedio en la ciudad del gran San Salvador es de 32.5°C, de Santo Tomás es de 23.7°C, el mes más calientes es Mayo para el gran San Salvador, en el cual la temperatura promedio oscila en un rango de 19 y 33°C. Y en Santo Tomás corresponde el mes de abril 25.2°C. El mes más frío en San Salvador corresponde a diciembre en el cual el rango de temperatura es de 16 y 32°C. En Santo Tomás el mes

mas frío enero con 22.5°C. (Cuadro 1). Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). Citado por Martínez y Arqueta (2003).

C. 2. PRECIPITACIÓN.

En el gran San Salvador el mes más seco es Febrero, con 5 mms y el mes más húmedo junio con 328 mms de lluvia. En Santo Tomás el mes más seco es febrero, con 0.8mm y el mes más húmedo es julio con 307.0mm. (Cuadro 1) (Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), citado por Martínez y Arqueta, 2003).

Tabla 3. Datos climatológicos promedio anual de las zonas en estudio. (San Salvador y Santo Tomás, Martínez & Argueta, 2003).

PARAMETROS (PROMEDIO) - SITIO	SAN SALVADOR (Ciudad Metropolitana)	SANTO TOMÁS
Precipitación	164.00mm	131.50mm
Temperatura	32.50°C	23.70°C
Temperatura máxima	33.00°C	30.40°C
Temperatura mínima	16.00°C	16.90°C
Humedad relativa	53.00%	78.00%
Velocidad media del Viento	8.00Km /h	7.9Km/h

C. 3. SUELO.

Según (Cortéz Ortiz *et al.*, 2001, citado por Martínez & Argueta, 2003), el tipo de suelo de La Finca La Esperanza (Santo Tomás) predomina el suelo clase VI, que corresponde a tierras con limitaciones muy severas que hacen inadecuado su uso para cultivos intensivos y lo limitan para cultivos permanentes como frutales y bosques (MARN & VIVIVDU, 2002).

Los suelos que rodean el área metropolitana de San Salvador son de tipo Andosoles; son poco evolucionados ya que son suelos jóvenes, que se desarrollan típicamente sobre asolvamientos más ó menos recientes de ceniza volcánica y rocas eruptivas consolidados siempre con materiales vítreos.

Presentan una densidad aparentemente baja, permeabilidad y porosidad muy elevada y su estructura típica en agregados finos de tamaño limo. La capacidad de

retención de agua que presentan este tipo de suelos son considerablemente alto (MARN & VIVIVDU, 2002).

D. CARACTERÍSTICAS BIOTICAS

Finca la Esperanza.

FLORA, esta finca presenta una cobertura vegetal tipificada como bosque húmedo subtropical (Holdridge, 1978), pero al momento debido a la fragmentación del bosque, se encuentran varios tipos de comunidades vegetales tanto naturales (bosque de galería, caducifolio y vegetación secundaria), como artificiales (bosque de pino, áreas con café (*Coffea arabica*), con su respectiva vegetación de sombra, “copinol” (*Hymenaea coubaril*), “mango” (*Mangifera indica*), y diversas especies del género *Inga*, entre otros (Cortéz Ortiz, *et al.*, 2001; citado por Martínez y Argueta. (2003).

San Salvador

FLORA, según observaciones personales, estos sitios cuentan con diferentes especies vegetales, entre las que se pueden mencionar: “barío”, (*Callophyllum rekoii*) “mango” (*Mangifera indica*), “aguacate” (*Persea americana*), “mamoncillo” (*Melicocca bejuga*), “arrayán” (*Psidium sp.*), “guayaba” (*Psidium guajaba*), “maquilishuat” (*Tabebuia rosea*), “marañón” (*Anacardium occidentale*), “manzana rosa” (*Zizigium jambos*), “nance” (*Byrsonima crasifolia*), “anona” (*Annona diversifolia*), “eucalipto” (*Eucalyptus sp.*), “almendro de río” (*Andira inermis*), “bálsamo” (*Myroxylum balsamun*), “papaturo” (*Coccoloba caracassana*), “tenpate” (*Jatropha curca*), “ceiba” (*Ceiba pentandra*), “guarumo” (*Cecropia peltata.*), “ámate” (*Ficus sp.*), “capulín macho” (*Trema micranta*), “casuarina” (*Casuarina equisetifolia.*) “almendro” (*Terminalia cattapa*).

III. 1. DESARROLLO DE METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en un período de 17 meses (octubre 2004 – febrero 2006); durante el cual se desarrollaran 3 fases: 1, Campo, 2. Laboratorio y 3. Análisis de datos.

A. FASE DE CAMPO.

Esta tuvo una duración de 8 semanas, para establecer de 32 sitios de muestreo georeferenciados haciendo uso del GPS (8 puntos de muestreo en cada zona de estudio; para cada sitio se seleccionó un árbol donde se identificó de manera visual, la mayor concentración líquénica). En cada árbol seleccionado se realizaron dos colectas: una en el mes de octubre 2004, (identificada como No. 1) y otra en el mes de junio 2005, (identificada como No. 2).

El método utilizado fue el descrito por Nimis (1990), según el cual se deben de seleccionar árboles de la misma especie en que se instalan las comunidades líquénica, y que sea común en todas las zonas en estudio; en esta investigación se seleccionaron al azar, con una tabla de números aleatorios, árboles de “barío” (*Callophyllum rekoii*), entre todos los árboles presentes en cada estación de muestreo, y que estuvieran separados de 10-25m; además deberían reunir los requisitos siguientes: 1. El tronco debe medir entre 20cm o más; estar sanos y sin rebrote en la base ni en el tronco; el que el muestreo sobre cada tronco fuera a una altura de 35-160cm de altura a partir del suelo.

Para realizar el inventario y la colecta, se utilizó una retícula de 50cm de largo por 20cm de ancho (100 cm²), dividido en 10 subcuadrículas de 10cm²; la retícula se dispuso donde había mayor concentración líquénica, tal como lo propone (Nimis, 1990); de tal manera que se realizó una selección dirigida, de 5 subcuadrículas, donde se observó la mayor concentración líquénica; y para colectar las muestras se hizo uso de espátulas, navaja ó cuchillo. Las muestras colectadas se depositaron en bolsas de papel periódico ó papel kraft; numerándolas de manera correlativa; y haciendo uso de una hoja de campo (Anexo N° 7), se anotaron los datos de colecta: fecha, hora, sitio de colecta, (Ventura Centeno, 2003).

Se elaboró un listado con los individuos muestreados, las muestras se trasladaron al Herbario de la Universidad de El Salvador (ITCI) para su identificación

por el especialista Jose Luis Chavés, técnico del INBio, de Costa Rica y Financiado por el Concejo de Investigaciones de la Universidad de El Salvador.

III. 2. ANÁLISIS CUANTITATIVOS

B. ÍNDICE DE PUREZA ATMOSFERICA (I.P.A.).

El Índice de Pureza Atmosférica (I.P.A.), se calculó según el metodo propuesto por (De Sloover y Loblanc, 2002); este índice refleja la riqueza ó escasez de la vegetación epifita liquénica de una determinada zona y es válido únicamente, para comparar zonas con climatología y ecología similar. La fórmula para determinar el IPA, relaciona los parámetros de frecuencia y cobertura de los líquenes con un factor conocido com cortejo medio específico o factor de resistencia, según la ecuación siguiente:

$$IPA_J = 1/10 \sum_j^n (Q_i - f_j)$$

Donde:

IPA = Índice de Pureza Atmosférica de la estación **J**

n = número de especies presentes en la estación **j**

Q_i = cortejo medio específico de la especie **i**.

f_j = Frecuencia – cobertura de la especie **i**.

El Cortejo medio específico (Q_i), definido como el número promedio de especies acompañantes de una especie determinada se deduce mediante el cociente:

$$Q_i = (1 / E_j \sum_j^n (A_j - 1))$$

Donde:

Q_i = Cortejo medio específico de la especie **i**.

A_j = número de especies presentes en cada estación donde se encuentra la especie **i**.

E_j = número de estaciones donde se halla **i**.

J = número de estacione en las que se encuentra la especie **i**.

Crespo *et al.*, (1981), Citado por Lserentant y De Sloover, (2002). Define la frecuencia **f** de la manera siguiente:

$$f = (P_{ij} + AM_{ij}) / 2$$

Dónde:

P_{ij} = Presencia de la especie **i** analizada en la estación **J**.

Am_{ij} = Media de la frecuencia – cobertura de la especie **i** en la estación **J**.

La aplicación de este método exige el único factor ecológico variable entre las distintas estaciones sea la contaminación atmosférica.

INDICE FRECUENCIA – COBERTURA (IFC), viene expresado en una escala de cinco parámetros en términos de porcentaje de cobertura, según la proporción de superficie cubierta, (**s%**), por lo que depende de ella, y se obtiene con la fórmula siguiente:

$$\text{IFC} = \text{IFC (s):}$$

Donde:

s = 1 – 10%, especie muy rara con bajo grado de cobertura,

s = 10 – 25%, especie poco frecuente con grado de cobertura,

s = 25 – 50%, especie con frecuencia moderada y grado medio de cobertura,

s = 50 – 75%, especie frecuente con alto grado de cobertura,

s = 75 – 100%, especie muy frecuente y muy abundante,

C. INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (I.V.I)

Formulas Utilizadas:

Frecuencia absoluta (Fa)

Fa: Numero de árboles en las que aparece una especie

Frecuencia relativa (Fr)

$$\text{Fr} = (\text{Fa} / \Sigma \text{Fa de todas las especie}) \times 100$$

Densidad absoluta (Dab)

Dab: Número total de individuos de cada especie

Densidad relativa (Dr)

$$\text{Dr} = \frac{\text{No. De individuos de cada especie}}{\text{Total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Cobertura absoluta: (Cabs): $\text{IFC} = \text{IFC (s)}$

Cobertura relativa: (Crel): $(\text{Cabs} / \Sigma \text{Cabs de todas las especie}) \times 100$

INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (I.V.I)

I.V.I: Fr+Dr+Crel

D. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS.

Esta se realizó en las instalaciones del Herbario de la Universidad de El Salvador (ITIC), Escuela de Biología, haciendo uso de microscopio compuesto, estresocopio y lupas; de tal manera que en los talos de los líquenes se les realizaron finos cortes transversales, con navajilla y pinzas de punta fina y agujas de disección; luego se colocaron sobre un porta objeto, se añadió una gota de agua destilada y se cubrieron con un cubreobjeto; haciéndose de esta manera preparaciones al fresco. La preparación obtenida sirvió para: verificar al microscopio la estratificación del talo y determinar las características particulares de esporas y ascas.

La aplicación de las claves taxonómicas requiere datos sobre ciertos tipos de componentes liquenicos, los cuales deben de identificarse en la preparación al fresco, previamente elaborada, con algunos reactivos químicos; tales como: Hidróxido de Potasio (KOH) a una concentración del 4%, Cloro, Yoduro de potasio (KI) al 0.1M, los cuales al reaccionar con dichos componentes muestran una coloración específica.

Haciendo uso de esta técnica, el especialista José Luis Chávez, durante su estadía en el 2005, paso a identificar las muestra a nivel de Orden, Familia, Género Especie, aplicando las claves taxonómicas: Primary Key; Key to fructicose or dimorphic lichens; Key to foliose lichens de (Sipman H, 2003) y las Key to squamulose lichens, Key to crustose not foliicolous lichens de (Sipman, 2002 y 2004) y la Guía para Géneros de líquenes tropicales (Luckin, *et al.*, s.a), (Anexo 9).

E. SEPARACION DE MUESTRAS.

Tomando como base la identificación taxonómica y los sitios de muestreo se procedió a separar las muestras para realizar el posterior análisis de la presencia de metales pesados.

Sitios de Primer Muestreo

Universidad de El Salvador	No de árbol
Facultad de Ciencias Económicas	1, 2, 3, 4, 5
Facultad de Ingeniería y Arquitectura	6
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática	8
Feria Internacional	
Colindando con la Carretera Panamericana	1, 2, 3, 5
Colindando con la Avenida Revolución	7, 8
Parque Cuscatlan	
Colindando con la calle a Santa Tecla	1, 2, 3
Colindando con el Museo Tin Marín	4, 6:
Colindando con la 23 Av. norte	7
Finca la Esperanza	1, 3, 5, 7

Sitios de Segundo muestreo

Universidad de El Salvador	No de árbol
Facultad de Ingeniería y Arquitectura	6
Facultad de Ciencias Económicas	1, 2
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática	7
Feria Internacional	
colindando con la avenida la revolución	7
Parque Cuscatlan	
colindando con la 23 Av. norte	7
Finca la Esperanza	1, 3, 4, 5

E. 1. DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS.

Esta se realizo en los laboratorios del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares (CIAN), Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador dentro de la cual se realizaron varias actividades, las cuales se describen a continuación:

a. Para la aplicación de la técnica de Fluorescencia de Rayos x por Reflexión Total (TXRF), y determinar las concentraciones de metales pesados, se selecciono el género *Physcia* ya que se encontró presente en todos los sitios de estudio.

b. Además, con el objetivo de evaluar el efecto en las estaciones seca y lluviosa en los niveles encontrados de elementos contaminantes, se realizaron dos muestreos.

E. 2. APLICACIÓN DE TÉCNICA:

Para realizar el análisis, después de la separación y selección de la muestra, se procedio a desarrollar las actividades siguientes:

E. 2.1. SECADO DE LAS MUESTRAS

a. Las muestras seleccionadas se codificarón con la información necesaria (número de árbol, fecha de colecta, coordenadas geográficas, etc) (Anexo 10).

b. Luego se procedió al secado, para remover humedad presente.

c. Se colocaron en un horno de laboratorio a 90°C, durante 4 horas con 30 minutos.

d. Al retirarlas del horno se colocaron en una desecadora por 20 minutos.

e. Se pesaron las muestras en una balanza analítica para verificar pérdida de agua.

f. Se colocaron nuevamente en el horno por 2 horas, este procedimiento se repite hasta obtener un peso constante, para determinar concentraciones de contaminantes en base seca.

PORCENTAJE (%) PROMEDIO DE PERDIDA DE AGUA DE LOS LIQUENES PERTENECIENTES AL GÉNERO *Physcia spp.*

No de muestra (1º muestreo)	% de perdida de agua	No de muestra (2º muestreo)	% de perdida de agua
1A	7.91	1B	6.85
2A	8.38	2B	15.51
3A	6.93	3B	7.89
4A	7.33	4B	9.90
5A	6.78	5B	8.05
6A	8.85	6B	8.21
7A	6.93	---	---
8A	6.80	---	---
9A	7.39	---	---

A y B: Corresponden a codigos elegidos para el primer y segundo muestreo respectivamente.

E. 2.2. PULVERIZADO DE LAS MUESTRAS

Se pulverizaron las muestras durante 2 horas con la ayuda de un mortero y un pistilo de porcelana, el homogenizado obtenido fue transferido a los tubos de ensayo correspondiente, para proseguir con la realización de la digestión ácida (Anexo 11).

E.2.3. DIGESTIÓN DE MUESTRAS ORGANICAS CON HORNO DE MICROHONDA.

- a. Se pesó en una balanza analítica 0.1gr de homogenizado de cada tubo de ensayo.
- b. Se colocó en un vaso de presión previamente numerado, a cada vaso se le agrego 1 ml de peroxido al 30% P/V, 3.5 ml de Acido nitrico al 70% P/V, 50 ml de estándar de galio (2ppm).
- c. Se taparon y se ubicaron en el disco rotatorio, de esta manera se sometieron al horno de microondas por 30 minutos.
- d. Después del proceso de digestión se obtuvo una muestra liquida libre de todo componente orgánico.

F. PREPARACION DE LAS MUESTRAS PARA EL ANALISIS CON TXRF.

Con la muestra obtenida a través de la digestión orgánica, se procedió de la manera siguiente:

- a. En las muestras se encontraron residuos de sílice; a unas muestras se le agrego HF (Ácido Fluorhidrico y a otras NaF (Fluoruro de Sodio) en proporciones de 40 ml hasta eliminar por completo los residuos.
- b. Se colocaron las muestras digestadas en un beaker, luego se transfirieron a un balón volumétrico de 25 ml de capacidad.
- c. Se les agregó 50 ml de Galio y se aforó hasta 25 ml de agua destilada, seguidamente se transfirieron a viales de polietileno de 20 ml previamente rotulados.
- d. Se analizó el cuarzo para verificar el contenido de elementos presentes en él, colectando el espectro para cálculo de Cuentas de Fondo.
- e. Una vez limpio el cuarzo y colectadas las Cuentas de Fondo, se procedió a colocar una gota (10 microlitros) de solución de la muestra a analizar en el centro del porta muestra de cuarzo con la ayuda de una micropipeta de 10 microlitros

f. Luego se colocó el portamuestra conteniendo la muestra en una cámara de vacío para poder secarla.

g. Una vez seca la muestra se colocó en posición de exposición a rayos x de excitación para coleccionar el espectro e identificar cualitativamente cada elemento de los metales pesados presentes en las muestras.

G. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS METALES PESADOS ENCONTRADOS

Para realizar el análisis cuantitativo se calcularon las áreas de los fotopicos se colectó adicionalmente un set de 3 estandares con concentraciones conocidas y características similares a la muestra y digerida bajo el mismo procedimiento, a partir del cual se genera una curva de eficiencias son guardadas en un archivo del programa AXIL. (Aanexo 13).

Con la curva de sensibilidades obtenida apartir de los estandares y con las áreas calculadas para los fotopicos de cada elemento, presente en la muestra es posible determinar la concentración de cada elemento presente en la muestra, lo cual es realizado por el programa conocido como: Regresion de Tasa de Cuentas, el cual se aplica en el Análisis por Reflexion Total, y forma parte del programa de Cuantificacion QXAS.

IV. RESULTADOS

CAPITULO 1

DIVERSIDAD DE LIQUENES

Como resultados de la investigación realizada en cuatro sitios de muestreo de San Salvador, para conocer la diversidad liquenica y la acumulación de metales pesados en estos organismos, para ser considerados como bioindicadores de contaminación y determinar así la calidad del aire en las zonas en estudio (Centro urbano de San Salvador y Finca La Esperanza, en Santo Tomas).

En el cuadro No. 1, se observa la diversidad de líquenes registrados durante el muestreo, dentro del cual se reportan un total de 51 especies, 22 géneros, ubicados en 11 familias y 5 órdenes; dentro de las cuales se registran a *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr, (Fig No. 11) y *Parmotrema fasciculatum* (Vain.) Hale (Fig No. 21) como nuevas especies para El Salvador.

La gráfica No. 1. Muestra en terminos de porcentaje las familias reportadas en los cuatro sitios de estudio, la familia Parmeliaceae, Physciace ocupan el 22 %, Tellotremataceae, Lecanoraceae con 9 %, Graphydaceae con 8 %.

La grafica No.2. Muestra los porcentajes de cobertura de cada tipo de talo, Folioso ocupa la maxima cobertura con un 74 %, costroso 16 %, Gelatinoso 10%.

La grafica No.3. Muestra el numero de especies por familia en cada uno de los sitios de estudio, Physciaceae, Parmeliaceae y Tellotremataceae, registran mayor diversidad en el Campus Universitario, Arthoriaceae, Coccocarpiaceae, Lecanoraceae, Graphydaceae, Collemataceae, Ramarinaceae, Pertusariaceae, se reportaron en menor proporción. En la zona del Parque – Hospitales solo se reportan Physciaceae, Parmeliaceae, Collemataceae, Tellotremataceae. En la zona de la feria se reportaron Physciaceae, Parmeliaceae, Collemataceae, Lecanoraceae, Tellotremataceae. En la Finca la Esperanza se reportó a Physciaceae, Parmeliaceae, Collemataceae, Rocellaceae y Tellotremataceae.

La grafica No. 4. Muestra los porcentajes de especies por familia de los líquenes inventariados en el Campus Universitario, Physciaceae ocupa el 26 %, Parmeliaceae 19%, Lecanoraceae 13 %,

La grafica No.5. Muestra los porcentajes de especies por familia de los líquenes de la zona Feria Internacional, Physciaceae con 43%, Parmeliaceae 29%, Collemataceae y Lecanoraceae 14%.

En la grafica No.6. Muestra los porcentajes de especies por familia de los líquenes, de la zona Parque-Hospitales, En primer lugar se presenta a Physciaceae y Parmeliaceae con 40%, Collemataceae 20%.

En la grafica No.7. Muestra los porcentajes de especies por familia de los líquenes, inventariados en la Finca la Esperanza, en primer lugar se ubica Parmeliaceae con 28%, Physciaceae 27%, Tellotremataceae con 18%.

El cuadro No. 2. Muestra frecuencia y densidad, en términos absolutos y relativos de los líquenes inventariados en el Campus Universitario, se registro la mayor diversidad, con un total de 40 (78.43%) especies, donde el género *Physcia* presento 15 especies (5%); *Physcia atrostriata* con una densidad absoluta de 25 (16%), *Candelaria concolor* con 20 (13%), *Physcia solediosa* con una densidad absoluta de 12 (7.64%). Asi mismo, en el cuadro No. 2, se reportan para la zona de la Feria Internacional, 15 especies, siendo tambien, *Physcia* la más frecuente, presentando 5 especies, el género con mayor densidad absoluta fue *Candelaria concolor* con 15, *Canoparmelia cf texana* con 11 y *Physcia solediosa* con 10. En el Parque Cuscatlan se reportaron 16 especies, siendo el género *Physcia* el más abundante con 7 especies; donde el genero *Physcia solediosa* tuvo una mayor densidad con un valor de 8, *p krogiae* y *Canoparmelia cf texana* con una densidad de 6. Para la finca la Esperanza se registra 18 especies, donde el genero *Physcia* registra el mayor numero de especies (4). De las cuales, *Physcia solediosa* presento mayor densidad con 11, *p krogiae* con 9, como se detalla en el cuadro No. 2.

En el cuadro No.3 y grafica No.8. Se muestrán los valores y porcentajes del Indice de Pureza Atmosferica, de los cuatro sitios de muestreo, reflejando un índice mayor el Campus de la Universidad de El Salvador con un valor de IPA 14.74; el cual representa un porcentaje de 81%, la finca la Esperanza con un valor IPA de 1.73; y un porcentaje de 9%, la Feria Internacional con un valor de IPA – 0.8, y un porcentaje de 4%, el Parque Cuscatlan con IPA – 1.2. y 6%.

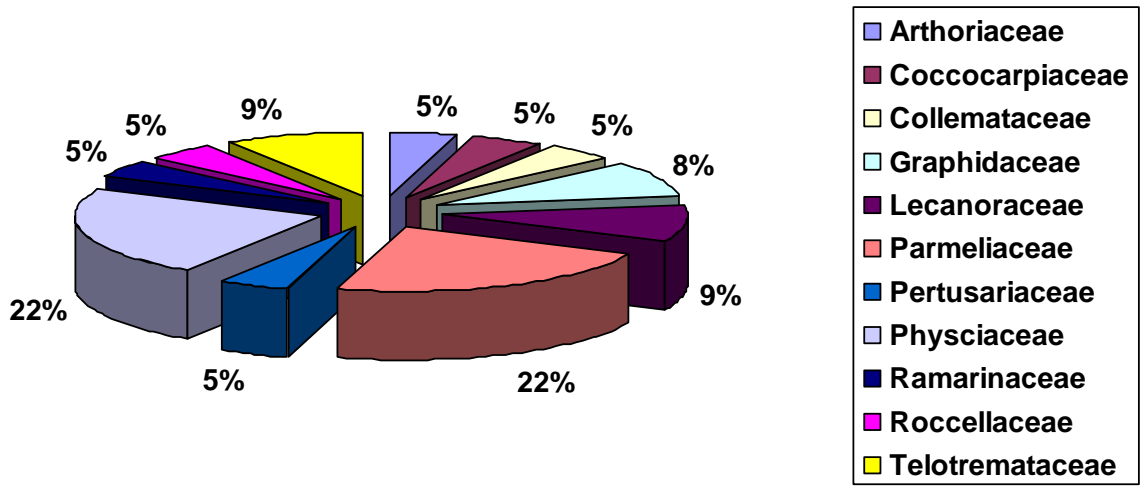
En el cuadro No. 4. Presenta los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI), para las especies de líquenes inventariadas, donde *Physcia solediosa* obtuvo el valor mayor de 37.31; *Canoparmelia cf texana* 27.69, seguido de *Candelaria concolor* con 25.52, *Parmotrema sp* con 22.49, *Physcia krogiae* 19.84, *Physcia atrostriara* 16.28, *Physcia sp* con 11.93, *Leptogium chloromelum* 11.62, *Leptogium sp* con 11.31, *Parmotrema fasciculatum* con 11.

Cuadro 1. Especies de líquenes reportadas en cuatro sitios de muestreo localizados en el Departamento de San Salvador (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).

Orden	Familia	Nombre Científico	Tipo de Talo
Lecanorales	Physciaceae	<i>Buellia sp</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Bulbothrix goebelii</i> (Zenk)Hale	Folioso
Lecanorales	Lecanoraceae	<i>Candelaria concolor</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Canomaculina neotropica</i> (Kurok)Elix	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Canoparmelia cf texana</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Canoparmelia sp</i>	Folioso
Peltigerales	Coccocarpiaceae	<i>Coccocarpia palmicola</i> (Spr.) Arv. & Gal.	Folioso
Arthoriales	Arthoriaceae	<i>Cryptotecia sp</i>	Costroso
Arthoriales	Roccellaceae	<i>Dichosporidium nigrocinctum</i>	Costroso
Ostropales	Graphidaceae	<i>Diorygma sp</i>	Costroso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Dirinaria applanata</i> (Fée)Awasthi	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Heterodermia albicans</i> (Per.)Swi. & Krog	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Heterodermia cf japonica</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl)Trev	Folioso
Ostropales	Graphidaceae	<i>Graphis sp</i>	Costroso
Lecanorales	Lecanoraceae	<i>Lecanora sp</i>	Folioso
Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium chloromelum</i>	Gelatinoso
Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium af mandonii</i>	Gelatinoso
Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium sp</i>	Gelatinoso
Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium sp 1</i>	Gelatinoso
Peltigerales	Collemataceae	<i>Leptogium sp²</i>	Gelatinoso
Ostropales	Telotremataceae	<i>Myriotrema sp</i>	Costroso
Ostropales	Telotremataceae	<i>Ocellularia sp</i>	Costroso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema dominicanum</i> (Vain)Hale	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema fasciculatum</i> (*)	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema cf mellissii</i> (Dodge)Hale	Folioso

Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema cf praesorediosum</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema robustum</i> (Degel) Hale	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema cf tinctorun</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema sp</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Parmotrema sp 1</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia aipolia</i> (*)	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia alba</i> (Fée) Mull. Arg	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia atrostriata</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia crispa</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia erumpens</i> Moberg	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia cf integrata</i> Nyl	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia krogiae</i> Moberg	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia lacinulata</i> Mull.Arg	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia lobulata</i> Moberg	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia af lopezii</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia manuelii</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia cf undulata</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia pachyphylla</i> Mull.Arg	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia solediosa</i>	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Physcia sp</i>	Folioso
Lecanorales	Ramariaceae	<i>Phyllopsora sp</i>	Costroso
Pertusariales	Pertusariaceae	<i>Pertusaria sp</i>	Costroso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Pyxine berteriana</i> (Fée) Imsh	Folioso
Lecanorales	Physciaceae	<i>Pyxine cf cocoes</i>	Folioso
Lecanorales	Parmeliaceae	<i>Rimelia reticulata</i> (Tayl) H. & Fletcher	Folioso
5 Órdenes	11 Familias	22 Géneros, 51 especies	38 Foliosos, 8 Costrosos 5 Gelatinosos

(*) Nuevas especies de líquenes reportadas para El Salvador



Gráfica No.1 Muestra los porcentajes en términos de diversidad de especies de los líquenes inventariados en cuatro sitios de San Salvador.

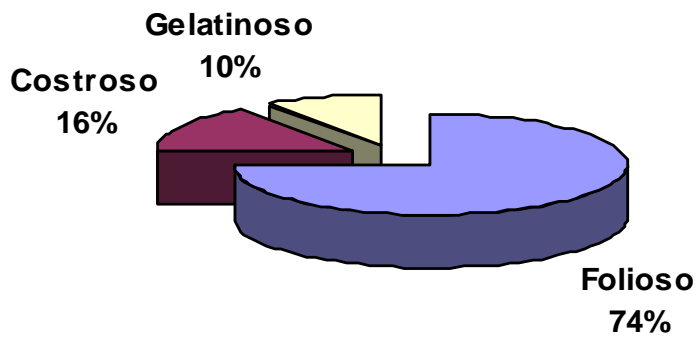
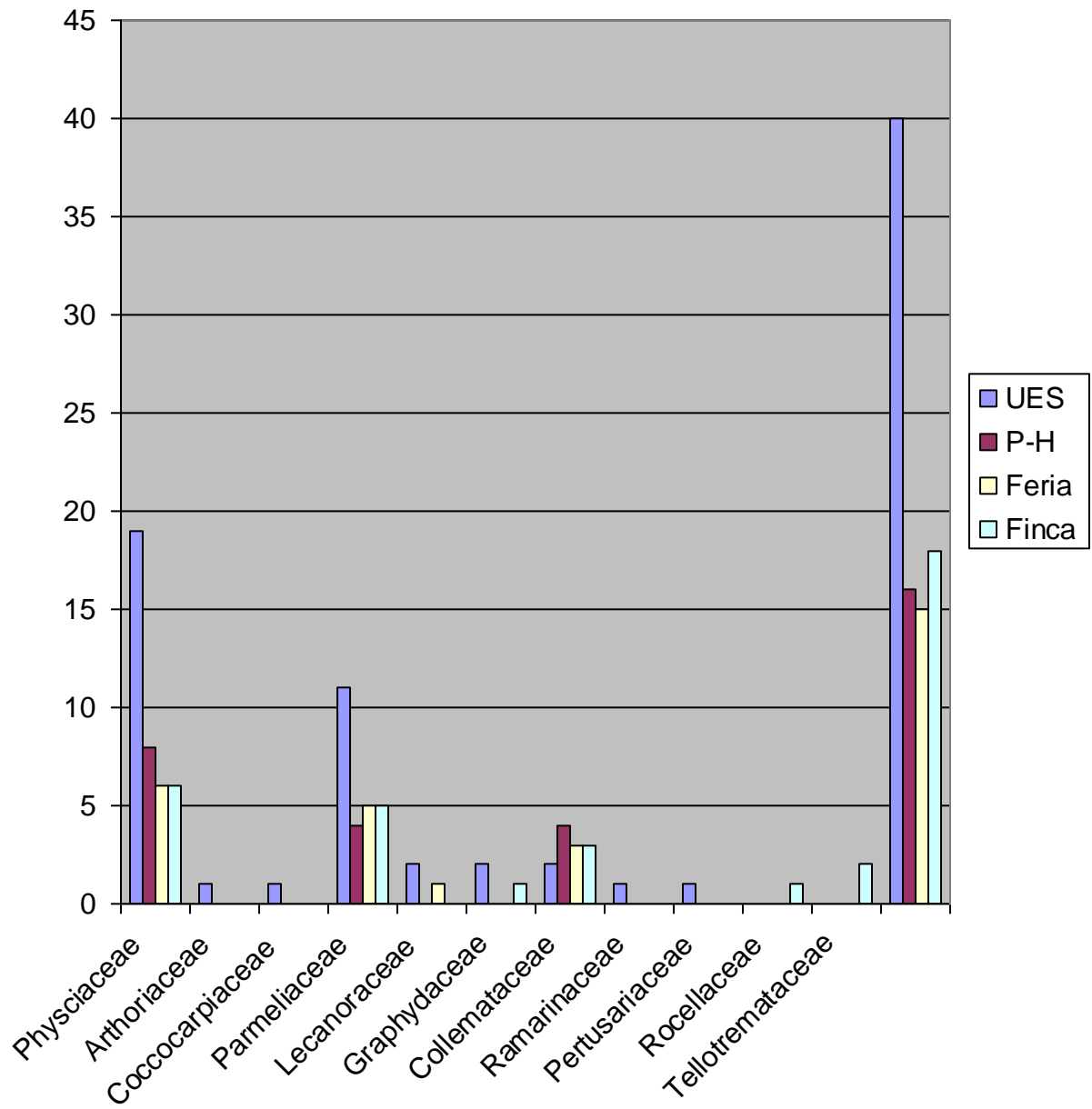
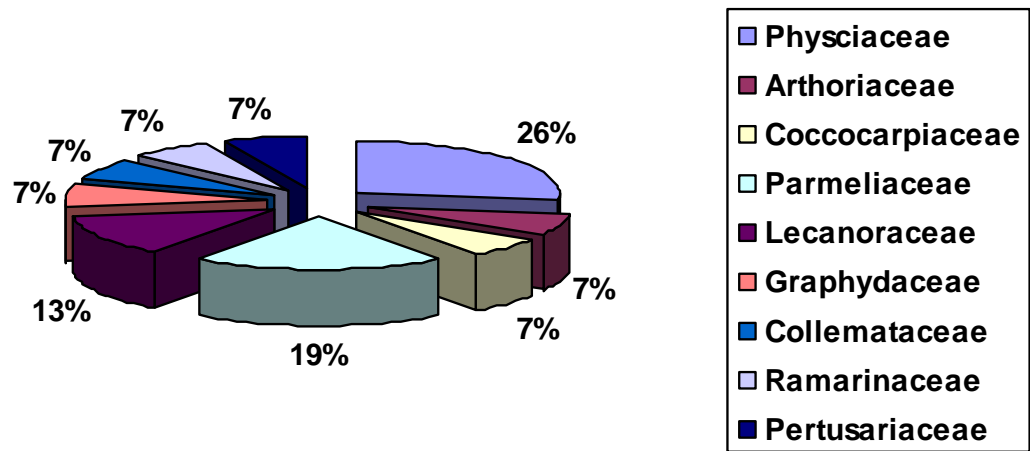


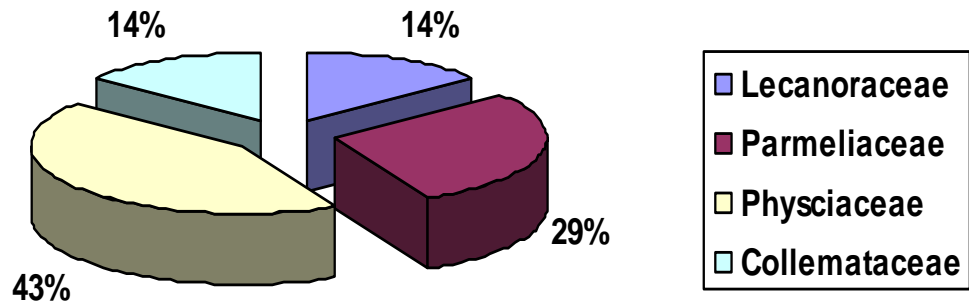
Gráfico No. 2. Muestra los porcentajes de cobertura los diferentes tipos de talo de los líquenes inventariados en los cuatro sitios de muestreo



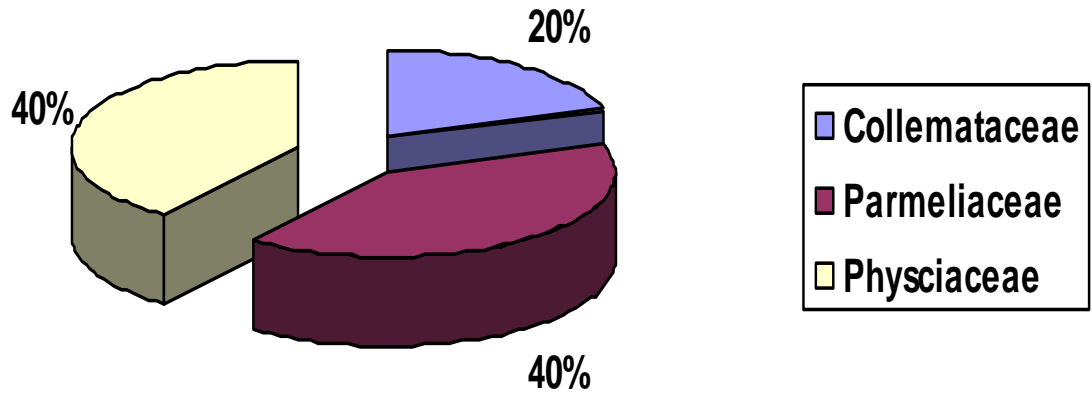
Gráfica No. 3. Muestra el número de especies por familia en cada uno de los sitios muestreados.



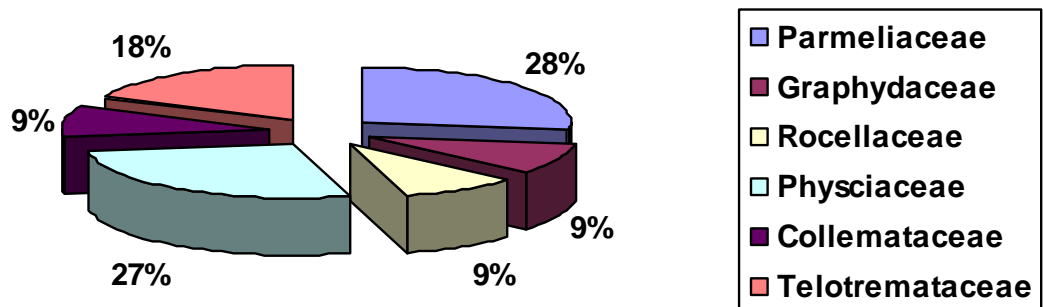
Grafica No.4. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en el Campus Universitario.



Grafica No.5. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en la zona de la Feria Internacional.



Grafica No.6. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en la zona de Parque – Hospitales.



Grafica No.7. Muestra los porcentajes de las familias de líquenes inventariados en la zona de la Finca la Esperanza.

Cuadro 2. Frecuencias y densidades absolutas y relativas de las especies de líquenes reportadas en cuatro sitios de San Salvador Campus Universitario, UES, Feria Internacional, Parque –Hospital y Finca Santo Tomás (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).

Nombre Científico	Campus, UES				Feria Internacional				Parque-Hospital				Finca Santo Tomás			
	Fa	Fr.	Da.	Dr.	Fa	Fr.	Da.	Dr.	Fa	Fr.	Da.	Dr.	Fa	Fr.	Da	Dr.
<i>Buellia sp</i>	1	1.23	3	2	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Bulbothrix goebelii</i>	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	3.84	1	2.04
<i>Candelaria concolor</i>	8	9.87	20	13	5	13.15	15	22.05	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Canomaculina neotropica</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Canoparmelia cf texana</i>	5	6.17	8	5.09	5	13.15	11	16.17	4	11.11	6	12.5	1	3.84	1	2.04
<i>Canoparmelia sp</i>	4	5	4	2.54	2	5.26	2	2.94	---	---	---	---	1	3.84	1	2.04
<i>Coccocarpia palmicola</i>	2	2.46	2	1.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Cryptothecia sp</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Dichosporidium nigrocinctum</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	3.84	1	2.04
<i>Diorygma sp</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	7.69	2	4.08
<i>Dirinaria applanata</i>	1	1.23	1	0.63	1	2.63	1	1.47	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Graphis sp</i>	1	1.23	3	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Heterodermia albicans</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	3.84	1	2.04
<i>Heterodermia obscurata</i>	1	1.23	1	0.63	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Heterodermia cf japonica</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Lecanora sp</i>	2	2.46	2	1.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Leptogium chloromelum</i>	1	1.23	2	1.27	2	5.26	4	5.88	2	5.55	3	6.25	2	7.69	4	8.16
<i>Leptogium af mandonii</i>	--	---	---	---	2	5.26	2	2.94	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Leptogium sp</i>	2	2.46	6	3.82	3	7.89	4	5.88	1	2.77	1	2.08	1	3.84	1	2.04
<i>Leptogium sp 1</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	1	2.77	1	2.08	1	3.84	2	4.08
<i>Leptogium sp 2</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	1	2.77	2	4.16	---	---	---	---
<i>Myriotrema sp</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1	3.84	1	2.04
<i>Ocellularia sp</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	7.69	2	4.08
<i>Parmotrema cf mellissii</i>	1	1.23	1	0.63	1	2.63	1	1.47	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>P. cf praesorediosum</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Parmotrema cf tinctorum</i>	2	2.46	2	1.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Parmotrema dominicana</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Parmotrema fasciculatum</i>	3	4	6	3.82	---	---	---	---	3	8.33	4	8.33	1	3.83	1	2.04
<i>Parmotrema robustum</i>	1	1.23	1	0.63	1	2.63	1	1.47	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Parmotrema sp</i>	4	5	6	3.82	4	10.52	4	5.88	3	8.33	3	6.25	3	11.53	3	6.12
<i>Parmotrema sp 1</i>	2	2.46	4	2.54	---	---	---	---	4	11.11	4	8.33	---	---	---	---

<i>Pertusaria sp.</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Phyllopsora sp.</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Physcia atrostriata</i>	4	5	25	16	1	2.63	1	1.47	2	5.55	2	4.16	---	---	---	---
<i>Physcia cf undulata</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Physcia krogiae</i>	2	2.46	2	1.27	3	7.89	8	11.76	4	11.11	6	12.5	2	7.69	9	18.36
<i>Physcia pachyphylla</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	1	2.77	2	4.16	---	---	---	---
<i>Physcia sp</i>	4	5	9	5.73	2	5.26	3	4.41	1	2.77	2	4.16	---	---	---	---
<i>Physcia af lopezii</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	1	3.84	1	2.04
<i>Physcia solediosa</i>	5	6.17	12	7.64	5	13.15	10	14.70	5	13.88	8	16.66	2	7.69	11	22.44
<i>Physcia aipolia</i>	3	3.70	7	4.45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Physcia alba</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	1	2.77	1	2.08	---	---	---	---
<i>Physcia cf integrata</i>	3	4	6	3.82	---	---	---	---	---	---	---	---	1	3.84	3	6.12
<i>Physcia crispa</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Physcia erumpens</i>	2	2.46	3	2	1	2.63	1	1.47	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Physcia lacinulata</i>	1	1.23	4	2.54	---	---	---	---	2	5.55	2	4.16	---	---	---	---
<i>Physcia lobulata</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Physcia manuelii</i>	1	1.23	1	0.63	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pyxine cf cocoes</i>	2	2.46	3	2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<i>Pyxine berteriana</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	1	2.77	1	2.08	---	---	---	---
<i>Rimelia reticulata</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	7.69	4	8.16
TOTALES	81	100	157	100	38	100	68	100%	36	100	48	100	26	100	49	100
													%			

Fa: Frecuencia absoluta.

Fr: Frecuencia relativa.

Da: Densidad absoluta.

Dr: Densidad relativa.

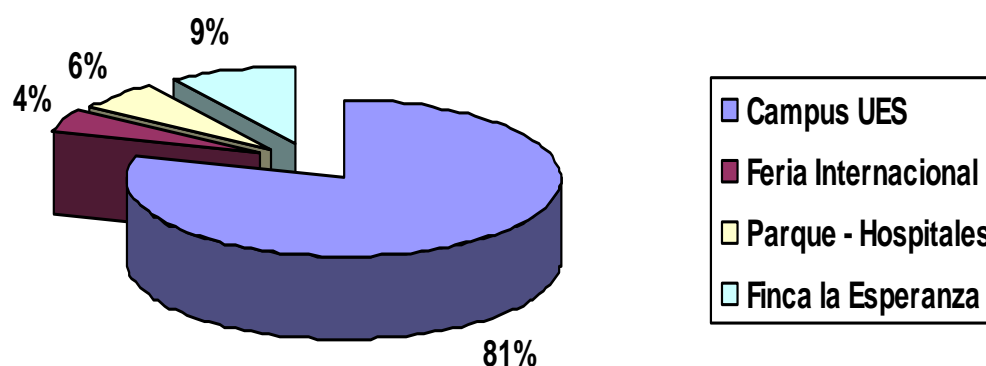
Cuadro No. 2.1. Muestra las especies reportadas unicamente para cada sitio de muestreo, así mismo las compartidas en los cuatro sitios localizados en el Departamento de San Salvador (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).

Nombre Científico	Campus, UES	Feria Internacional	Parque-Hospital	Finca Santo Tomás
<i>Buellia sp</i>	X			
<i>Canomaculina neotropica</i>	X			
<i>Cryptothecia sp</i>	X			
<i>Coccocarpia palmicola</i>	X			
<i>Graphis sp</i>	X			
<i>Heterodermia obscurata</i>	X			
<i>Heterodermia cf japonica</i>	X			
<i>Lecanora sp</i>	X			
<i>Parmotrema cf praesorediosum</i>	X			
<i>Parmotrema cf tinctorun</i>	X			
<i>Parmotrema dominicana</i>	X			
<i>Pertusaria sp.</i>	X			
<i>Phyllopsora sp.</i>	X			
<i>Physcia aipolia</i>	X			
<i>Physcia crispa</i>	X			
<i>Physcia lobulata</i>	X			
<i>Physcia manuelii</i>	X			
<i>Physcia cf undulata</i>	X			
<i>Pyxine cf cocoes</i>	X			
<i>Leptogium af mandonii</i>		X		
<i>Physcia pachyphylla</i>			X	
<i>Pyxine berteriana</i>			X	
<i>Leptogium sp 2</i>			X	
<i>Bulbothrix goebelii</i>				X
<i>Dichosporidiun nigrocinctun</i>				X
<i>Diorygma sp</i>				X
<i>Heterodermia albicans</i>				X
<i>Myriotrema sp</i>				X

<i>Ocellularia sp</i>				X
<i>Rimelia reticulata</i>				X
<i>Canoparmelia cf texana</i>	X	X	X	X
<i>Leptogium chloromelum</i>	X	X	X	X
<i>Leptogium sp</i>	X	X	X	X
<i>Parmotrema sp</i>	X	X	X	X
<i>Phycia krogiae</i>	X	X	X	X
<i>Phycia solediosa</i>	X	X	X	X
<i>Candelaria concolor</i>	X	X		
<i>Canoparmelia sp</i>	X	X		X
<i>Dirinaria applanata</i>	X	X		
<i>Leptogium sp 1</i>	X		X	X
<i>Parmotrema cf mellissii</i>	X	X		
<i>Parmotrema fasciculatum</i>	X		X	X
<i>Parmotrema robustum</i>	X	X		
<i>Parmotrema sp 1</i>	X		X	
<i>Phycia atrostriata</i>	X	X	X	
<i>Phycia sp</i>	X	X	X	
<i>Phycia af lopezii</i>	X			X
<i>Phycia alba</i>	X		X	
<i>Phycia cf integrata</i>	X			X
<i>Phycia erumpens</i>	X	X		
<i>Phycia lacinulata</i>	X		X	

Cuadro No.3. Muestra los valores del Índice de Pureza Atmosférica de los cuatro sitios de muestreo en San Salvador (octubre- noviembre de 2004, junio- julio 2005).

Sitio de muestreo	Valor de IPA	%
Campus UES	14.74	81
Feria Internacional	- 0.8	4
Parque - Hospitales	- 1.2	6
Finca la Esperanza	1.73	9



Valores de IPA

Grafica No. 8. Muestra en términos de porcentajes los valores de Índice de Pureza Atmosférica de los cuatro sitios de muestreo en San Salvador (octubre- noviembre de 2004, junio- julio 2005).

Cuadro No. 4. Muestra las frecuencias densidades y cobertura absoluta y relativa así como el Índice de Valor de Importancia (IVI), para los cuatros sitios muestreados en la Ciudad de San Salvador.

NOMBRE CIENTIFICO	Fa	Fr	Da	Dr	Cabs	Crel	I.V.I
<i>Buellia sp</i>	1	0.52	3	0.93	1	0.15	1.60
<i>Bulbothrix goebelii</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Candelaria concolor</i>	13	6.84	35	10.86	50	7.82	25.52
<i>Canomaculina neotropica</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Canoparmelia cf texana</i>	15	7.89	26	8.07	75	11.73	27.69
<i>Canoparmelia sp</i>	7	3.68	7	2.17	25	3.91	9.76
<i>Coccocarpia palmicola</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Cryptothecia sp</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Dichosporidium nigrocinctum</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Diorygma sp</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Dirinaria applanata</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Graphis sp</i>	1	0.52	3	0.93	1	0.15	1.60
<i>Heterodermia albicans</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Heterodermia obscurata</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Heterodermia cf japonica</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Lecanora sp</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Leptogium chloromelum</i>	7	3.68	13	4.03	25	3.91	11.62
<i>Leptogium af mandonii</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Leptogium sp</i>	7	3.68	12	3.72	25	3.91	11.31
<i>Leptogium sp 1</i>	3	1.57	4	1.24	8	1.3	4.11
<i>Leptogium sp 2</i>	1	0.52	2	0.62	1	0.15	1.29
<i>Myriotrema sp</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Ocellularia sp</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Parmotrema cf mellissii</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Parmotrema cf praesorediosum</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Parmotrema cf tinctorum</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Parmotrema dominicana</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Parmotrema fasciculatum</i>	7	3.68	11	3.41	25	3.91	11.00
<i>Parmotrema robustum</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29

<i>Parmotrema sp</i>	14	7.36	16	4.96	65	10.17	22.49
<i>Parmotrema sp 1</i>	6	3.15	8	2.48	15	2.34	7.97
<i>Pertusaria sp</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Phyllopsora</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Physcia atrostriata</i>	7	3.68	28	8.69	25	3.91	16.28
<i>Physcia cf undulata</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Physcia krogiae</i>	11	5.78	25	7.76	40	6.3	19.84
<i>Physcia pachyphylla</i>	1	0.52	2	0.62	1	0.15	1.29
<i>Physcia sp</i>	7	3.68	14	4.34	25	3.91	11.93
<i>Physcia af lopezii</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Physcia solediosa</i>	17	8.94	41	12.73	100	15.64	37.31
<i>Physcia aipolia</i>	3	1.57	7	2.17	8	1.3	5.04
<i>Physcia alba</i>	2	1.05	2	0.62	4	0.62	2.29
<i>Physcia cf integrata</i>	4	2.10	9	2.79	10	1.56	6.45
<i>Physcia crispa</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Physcia erumpens</i>	3	1.57	4	1.24	8	1.3	4.11
<i>Physcia lacinulata</i>	3	1.57	6	1.86	8	1.3	4.73
<i>Physcia lobulata</i>	10	5.26	1	0.31	30	4.70	10.27
<i>Physcia manuelii</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Pyxine cf cocoes</i>	2	1.05	3	0.93	4	0.62	2.60
<i>Pyxine berteriana</i>	1	0.52	1	0.31	1	0.15	0.98
<i>Rimelia reticulata</i>	2	1.05	4	1.24	4	0.62	2.91
TOTALES	190	100	322	100	639	100	299.99

Fa: Frecuencia absoluta.

Fr: Frecuencia relativa.

Da: Densidad absoluta.

Dr: Densidad relativa.

C.abs: Cobertura absoluta.

C. rel: Cobertura relativa.

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN BOTANICA DE LIQUENES INVENTARIADOS.

Género *Physcia* sp.

Descripción: Talo folioso, gris, lóbulos medianos ausencia de cilios, maculas reticuladas, superficie inferior de color blanco con rezinas frecuentes.

Distribución y Ecología del género *Physcia*: Cosmopolita. Sobre varios sustratos; en vegetación húmeda de elevaciones medianas, en micro-sitios abiertos (dosel, vegetación secundaria).

Fig. No.1



***Physcia krogiae* Moberg**

Descripción: Talo folioso, con lóbulos de hasta 4mm de ancho. Superficie superior fuertemente pruinoso con soralias marginales a laminares. Superficie inferior lisa, gris a negro pardusco

Fig. No.2



***Physcia integrata* Nyl.**

Descripción: Talo semicircular a irregular, de unos 5cm de diámetro, fuertemente unido al sustrato. Lóbulos de más de 2mm de ancho, la mayoría de 1cm, a menudo imbricados, extremos redondeados, algunas veces con pequeños lóbulos. Superficie superior gris blancuzco a gris, usualmente brillante, algunas veces con pequeñas manchas blancas o polvorienta; médula blanca; superficie inferior negra, excepto en los extremos de los lóbulos, con abundantes rizinas negras. Apotecios abundantes de unos 2mm de ancho, discos café negruzco, algunas veces cubiertos por una capa polvorienta blanca (pruina). Esporas color café con un septo.

Fig. No.3

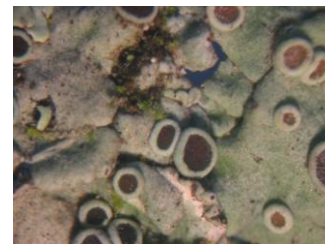


Fig. No.4

***Physcia crispa* Nyl.**

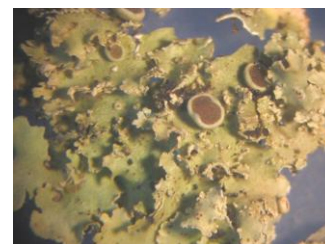
Descripción: Talo folioso, con lóbulos de 1 mm de ancho. Superficie superior no pruinoso con soralias marginales. Superficie inferior pálida. Médula no reacciona ante el hidróxido de potasio



Fig. No.5

***Physcia manuelii* Moberg**

Descripción: Talo folioso, verde grisáceo, con lóbulos gruesos, de hasta 2 mm de ancho. Superficie inferior pálida.



Médula no reacciona ante el hidróxido de potasio Apotecios con el disco de color negro y con pruina presente

Physcia alba (Fée) Müll. Arg.

Descripción: Talo folioso, gris blanquecino, con lóbulos de hasta 2 mm de ancho. Superficie superior sin máculas y con apotecios con el disco de color pardo y sin pruina. Superficie inferior pálida.

Fig. No.6

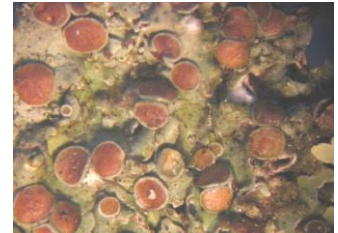


Fig. No.7

Physcia af lopezii Moberg

Descripción: Talo folioso, verde a gris, con isidios cilíndricos presentes.

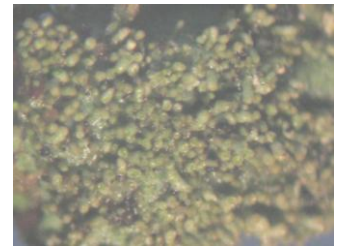


Fig. No.8

Physcia pachyphylla Müll. Arg.

Descripción: Talo folioso, gris verdoso, con lóbulos de hasta 3 mm de ancho. Superficie superior sin máculas y con apotecios con el disco de color negro con pruina blanca. Superficie inferior pálida.

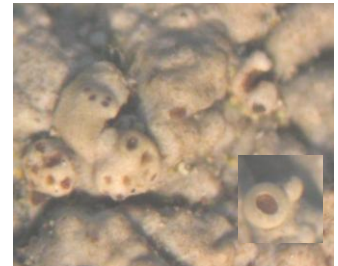


Fig. No.9

Physcia lobulata Moberg.

Descripción: Talo folioso, verde grisáceo, con lóbulos gruesos, de hasta 1 mm de ancho. Superficie inferior negra. Médula reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarilla. Apotecios con el disco de color negro, sin pruina.

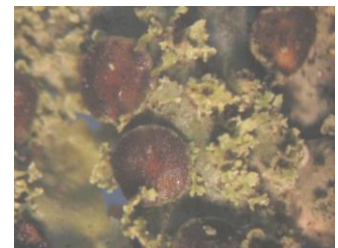


Fig. No.10

Physcia atrostriata Moberg.

Descripción: Talo folioso, gris pálido a gris verdoso, con lóbulos de hasta 2 mm de ancho, ligeramente unido al sustrato. Superficie superior fuertemente pruinoso, con soralios producidos a lo largo del margen de los lóbulos (soralios



marginales). Superficie inferior gris a negro pardusco, con una textura fibrosa. Médula blanca, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarilla

Fig. No.11

Physcia cf aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.

Descripción: Talo folioso, gris blanquecino a gris oscuro, raramente gris pardusco, de 5cm de diámetro, ligeramente unido al sustrato. Lóbulos delgados de hasta 2mm de ancho. Superficie superior con máculas, a menudo con una pruina blanca débil Superficie inferior pálida. Médula blanca, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarilla. Apotecios abundantes de unos 2mm de diámetro, con el disco negro, a veces cubierto por una capa polvorienta blanca (pruina).

(NUEVO REPORTE PARA EL SALVADOR)



Fig. No.12

Physcia cf undulata Moberg

Descripción: Talo folioso, gris a gris oscuro, de 4cm de diámetro, ligeramente unido al sustrato. Lóbulos delgados de hasta 2mm de ancho. Superficie superior fuertemente pruinosa, con soralios marginales Superficie inferior gris blanquecino a pardusco. Médula blanca, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarilla.

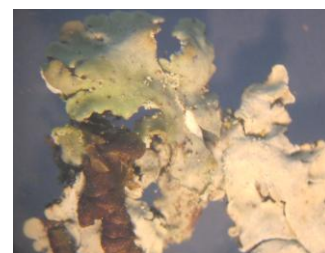


Fig. No.13

Physcia cf lacinulata Müll. Arg.

Descripción: Talo folioso, con lóbulos delgados, erectos, de hasta 3mm de ancho. Apotecios con el disco de color negro-pardo.



Fig. No.14

Physcia cf erumpens Moberg

Descripción: Talo folioso, verde a gris, con lóbulos de hasta 1 mm de ancho. Superficie superior no pruinosa, brillante, sin máculas y con soralios laminares. Superficie inferior gris a negro pardusco, con rizinas no visible a lo largo del margen de los lóbulos.



Fig. No.15

***Physcia af solediosa* (Vain.) Lyng.**

Descripción: Talo folioso, verde a gris, con lóbulos de hasta 2 mm de ancho. Superficie superior no pruinoso, brillante, con máculas y con soralios marginales Superficie inferior gris a negro pardusco



Fig. No.16

Género *Parmotrema* sp

Descripción: Talo folioso de color gris verde, lóbulos medianos con maculas reticuladas, con isidios frecuentes superficie inferior de color pardo a negro, con margenes de color blanco, ausencia de cilios

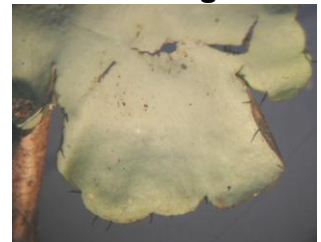


Fig. No.17

***Parmotrema* sp1.**

Descripción: Talo folioso de color gris a verde, lóbulos medianos, isidios frecuentes, ausencia de cilios, superficie inferior de color café pardo, margen color blanco, rizinas poco frecuentes. **Distribución y ecología:** Cosmopolita; generalmente sobre corteza, madera y rocas; en vegetación húmeda a seca de elevaciones medianas, en micro-sitios abiertos (dosel, vegetación secundaria,

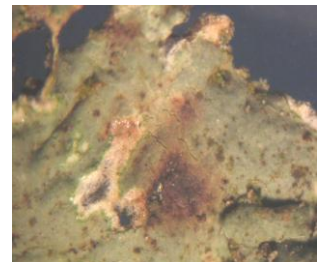


Fig. No.18

***Parmotrema dominicanum* (Vain.) Hale.**

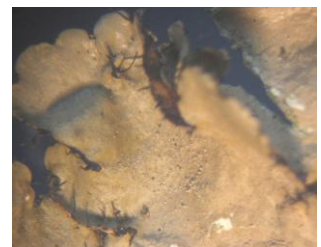
Descripción: Talo folioso, grisáceo (con atranorina), adnado o ligeramente unido al sustrato. Lóbulos planos, sin cilios. Superficie superior lisa. Médula blanca. Superficie inferior negra, con rizinas en el centro y una extensa área marginal parda y desnuda. Soralios amarillentos (con ácido úsnico). Isidios ausentes.



Fig.No.19

***Parmotrema cf mellissii* (C.W. Dodge) Hale**

Descripción: Talo folioso, verde-gris, ligeramente unido al sustrato, diámetro de 3-10cm; lóbulos sub-irregulares, elongados, planos, de 6-12mm de ancho, con cilios largos, marginales, negros, de más de 4mm de largo. Superficie superior lisa, gris con algunas áreas ennegrecidas, usualmente con máculas blancas; reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+). Médula blanca, con pequeñas áreas de color amarillo a pardo anaranjado. Superficie inferior negra, con rizinas en el centro y una extensa área marginal parda, desnuda. Isidios comunes, simples a coraloides,



laminales a submarginales. Soredios y pústulas ausentes. Apotecios raramente observados.

Parmotrema cf tinctorum (Nyl.) Hale

Descripción: Talo folioso, gris-verde amarillento, ligeramente unido o adnado al sustrato, de 3-30cm de diámetro; con lóbulos sub-irregulares levemente imbricados y planos, de 10-20cm de ancho. Superficie superior lisa, brillante en el margen, con grietas finamente reticuladas en la madurez, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarilla (K+). Médula blanca, reacciona ante el hipoclorito de calcio tornándose roja (C+). Superficie inferior negra, con rizinas en el centro y una extensa área marginal parda y desnuda. Isidios de simples a coraloides ramificados, pústulas y soredios ausentes. Apotecios raramente observados.

Fig. No.20

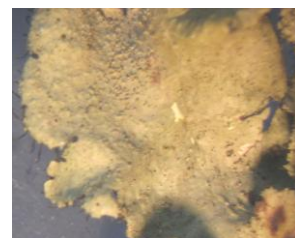


Parmotrema fasciculatum (Vain.) Hale

Descripción: Talo folioso, adnado o ligeramente adherido al sustrato, gris claro a gris verdoso. Superficie superior lisa y con isidios coraloides, principalmente marginales. Superficie inferior negra, con rizinas en el centro y una extensa área marginal parda, desnuda. Médula blanca.

(NUEVO REPORTE PARA EL SALVADOR)

Fig.No.21



Parmotrema cf praesorediosum (Nyl.) Hale

Descripción: Talo folioso, de gris a verdusco, ligeramente unido al sustrato, diámetro de 3-10cm; lóbulos planos, sub-irregulares, elongados, de 4-10mm de ancho, sin cilios. Superficie superior, lisa; reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+). Médula blanca. Superficie inferior negra, con rizinas simples en el centro y una extensa área marginal parda, desnuda. Soredios comunes, granulares, marginales o submarginales. Isidios y pústulas ausentes.

Fig.No.22



Parmotrema cf robustum (Degel.) Hale

Descripción: Talo folioso, grisáceo (con atranorina), adnado o ligeramente unido al sustrato. Lóbulos planos, sin cilios. Superficie superior lisa. Médula blanca. Superficie inferior negra, con rizinas en el centro y una extensa área marginal parda y desnuda. Soralios blancos. Isidios ausentes.

Fig.No.23



Fig.No.24

Pyxine berteriana (Fée) Imshaug

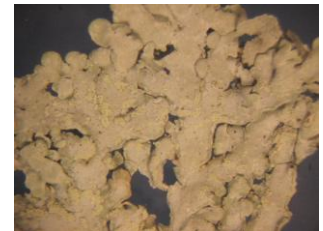
Descripción: Talo folioso, gris verdoso pálido. Superficie superior a menudo ligeramente con pruina pero sin isidios ni soredios y con apotecios negros. Médula amarilla, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose anaranjada. Corteza con lichexanthone UV+ (anaranjado) amarillo y K-.



Fig.No.25

Pyxine cocoës (Sw.) Nyl.

Descripción: Talo folioso, gris verdoso pálido, de hasta 10m de diámetro pero generalmente mucho más pequeño (3-4cm), fuertemente unido al sustrato. Lóbulos planos, pocas veces cóncavos o convexos levemente, de 0.4-0.8mm de ancho. Superficie superior con máculas y con una pruina fuerte en los lóbulos; soralios siempre presentes, granulares (soredios) marginales y laminares. Superficie inferior negra en el centro, más pálida hacia las extremidades de los lóbulos. Médula blanca o amarilla, no reacciona ante el hidróxido de potasio. Corteza con lichexanthone UV+ (anaranjado) amarillo y K-.



Distribución y ecología: Pantropical, extendiéndose a zonas subtropicales y templadas. Generalmente sobre corteza; en vegetación húmeda a seca de elevaciones medianas, en micro-sitios (semi-)abiertos (subdosel, dosel, vegetación secundaria).

Fig.No.26

Phyllopsora sp.

Descripción: Talo escuamuloso verde cuando mojado, lóbulos elongados, corteza inferior ausente con protalo tomentoso café a blanco, apotecios de color negro.

Distribución y ecología: Pantropical. Sobre corteza; en vegetación húmeda de elevaciones bajas a medianas, en micro-sitios sombrados.

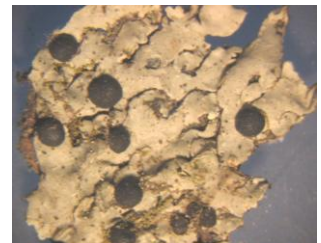


Fig.No.27

Género *Pertusaria sp.*

Descripción: Talo crustaceo de color de verde a café, apotecios inmersos en verrugas del talo, soralios frecuente de color café claro.

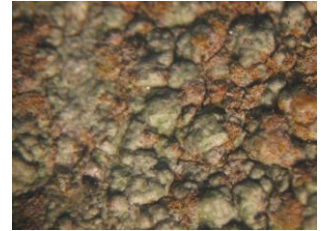
Distribución y ecología: Cosmopolita. Sobre varios sustratos; en vegetación húmeda de elevaciones bajas a altas, en micro-sitios sombrados a abiertos.



Género *Ocellularia* sp.

Descripción: Talo crustaceo de color verde oscuro, apotecios viatorinos, con presencia de periticios.

Fig.No.28



***Cococarpia cf palmicola* (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway**

Descripción: Talo folioso, de 2-7 (12) cm de diámetro, con lóbulos de 2-5mm de ancho, redondeados, gris-metálico azulado, unidos ligeramente a fuertemente al sustrato. Superficie superior con isidios de cilíndricos a granulares, de abundantes a esparcidos; superficie inferior con un tomento grueso. Apotecios raramente observados. **Distribución y ecología:** Cosmopolita, sobre varios sustratos; sobre vegetación húmeda o muy húmeda en elevaciones bajas a altas, en micrositios semi- abiertos.

Fig.No.29



***Canomaculina neotropica* (Kurok.) Elix**

Descripción: Talo folioso, verde amarillento, ligeramente unido al sustrato. Superficie superior con máculas dispersas. Superficie inferior marginal blanca a café, con rizinas de dos tamaños Médula blanca reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarilla y rápidamente a roja.

Fig.No.30



***Candelaria concolor* (Dicks.) B. Stein.**

Descripción: Talo folioso, amarillo brillante; no reacciona con hidróxido de potasio; mide hasta 1cm de ancho o se une para formar colonias extensas; de unidas a firmemente unidas al sustrato; lóbulos de 0.1-0.5mm. Superficie inferior amarillo limón, con soledios granulares, marginales o submarginales, o en las extremidades de los lóbulos. Apotecios infrecuentes.

Distribución y ecología: Cosmopolita. Sobre corteza y madera; frecuentemente en áreas de perturbación humana ricos en nutrientes.

Fig.No.31



Fig.No.32

Género *Canoparmelia* sp

Descripción: Talo folioso de verde a gris, lóbulos medianos con maculas reticuladas, superficie interior de color café a negro con margen blanco, rizinas dispersas, ausencia de apotecios y soralios. **Distribución y ecología:** Pantropical. Generalmente sobre corteza y madera; sobre vegetación húmeda o seca en elevaciones medias, en micrositios abiertos (dosel, vegetación secundaria). Observaciones: Muy parecido a *Parmelia*, pero en vez de pseudocifelas tiene máculas. *Parmelia* esta ausente en el Neotrópico.

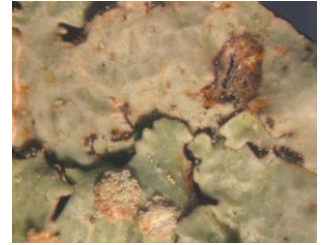


Fig.No.33

***Canoparmelia cf texana* (Tuck.) Elix & Hale**

Descripción: Talo folioso, frágil, gris, de 4-12cm de diámetro, fuertemente unido al sustrato. Lóbulos planos a subcóncavos, separados, de 3-5mm de ancho, sin cilios. Superficie superior lisa a rugosa, con máculas reticuladas; y soredios granulares, laminares, isidios ausentes; superficie inferior negra, con una área marginal parda, desnuda, con rizinas ralas, esparcidas a moderadamente densas excepto en el margen), negras, simples. Médula blanca.

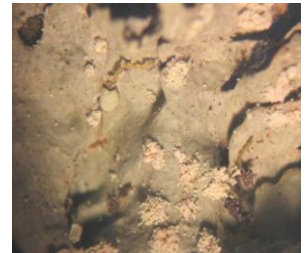


Fig.No.34

Género *Cryptotecia* sp

Descripción: Talo crustaceo, sin corteza, verde, ausencia de apotecios y isidios con pruina blanca y lirarlas inmersas en el talo. **Distribución y ecología:** Pantropical. Sobre corteza; en vegetación húmeda de elevaciones bajas a medianas, en micrositios sombreados a semi-abiertos.



Fig.No.35

***Dirinaria cf applanata* (Fée) D.D. Awasthi**

Descripción: Talo folioso; gris-blanquecino-azulado, amarillento de 3-6cm de diámetro. Lóbulos en forma de roseta, fuertemente confluyente (los márgenes se cierran juntos, empujando hacia arriba) hasta las extremidades, planos o convexos, de 0.5-2mm de ancho. Superficie superior con pruina blanca y pseudocifelas marginales raramente laminares, restringidas generalmente a los márgenes de los lóbulos. Soredios blancos, finos, levantados en pústulas, laminares. Superficie inferior negra en el centro, más pálido hacia las extremidades de los lóbulos. Médula blanca. Corteza superior reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+). **Distribución y ecología:** Pantropical, extendiéndose a zonas, subtropicales y templadas. Generalmente sobre corteza; en vegetación húmeda a seca; adherido fuertemente al sustrato.



Fig.No.36

Género *Diorygama* sp

Descripción: Talo crustaceo, presencia de soracios lirales inmersas en el talo, con pruina blanca.

Distribución y ecología: Pantropical. Sobre corteza; en vegetación húmeda de elevaciones bajas, en micro-sitios sombreados a semi-abiertos.



Fig.No.37

***Dichosporidium nigrocinctum* (Ehrenb.) G. Thor**

Descripción: Talo bisoide, gris con tinte verdoso. Protalo en la parte interna blanquecina y en la parte externa pardo. Médula a veces con una capa blanquecina o careciendo de esta y una parte inferior parda a negra, con muchos gránulos de oxalato de calcio. Isidios usualmente numerosos, presentes o raramente ausentes, no ramificados o raramente ramificados, del mismo color que el talo. Apotecios peritecioides, inmersos en pseudoestromas.

Distribución y ecología: Pantropical. Sobre corteza; en vegetación húmeda de elevaciones bajas a medianas, en micro-sitios sombreados.

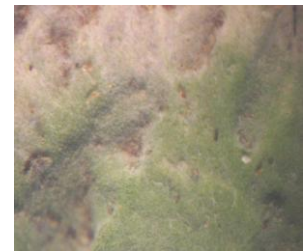


Fig.No.38

***Heterodermia albicans* (Pers.) Swinsc. & Krog**

Descripción: Talo folioso, pequeño, adherido fuertemente al sustrato; de menos de 4cm de diámetro, gris verdoso. Lóbulos lineares, generalmente ramificados, estrechos, de 0.5-1mm de ancho y de hasta 3mm de largo, débilmente convexos. Superficie superior a veces a pruinosa en las extremidades de los lóbulos especialmente cuando jóvenes. Soredios blancos a azulados, farinosos a granulares, apareciendo a lo largo del margen de los lóbulos. Con corteza inferior. Superficie inferior blanquecina a pardo pálida. Médula blanca, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+) a rojo profundo. Corteza superior reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+)



Fig.No.39

***Heterodermia obscurata* (Nyl.) Trevis.**

Descripción: Talo folioso, robusto, firmemente adherido al sustrato, irregular, de 2-4(-10) cm, verde-gris, verdoso. Lóbulos de 1-2mm de ancho, dicotómicos a irregulares, convexos. Superficie superior no o raramente pruinosa. Soredios granulares, a veces confluentes y formando soracios, apareciendo a lo largo del margen de los lóbulos. Sin corteza inferior (no corticada). Superficie inferior blanca, pigmentada de color pardo amarillento, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo a púrpura. Apotecios raros, con el disco pardo negruzco. Ocho ascosporas por asca, con un septo, elipsoides, parducas. Médula blanca. Corteza superior reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+).



Fig.No.40

Heterodermia cf japonica (M. Satô) Swinscow & Krog

Descripción: Talo folioso, muy variable, ligeramente adherido al sustrato, irregular, de hasta 5 (a menudo formando a colonias de hasta 15cm o más de diámetro) centímetros de diámetro, blanco verdoso a gris verdoso. Lóbulos sublineares, de 2-4mm de ancho. Superficie superior a menudo con pruina débil. Soredios farinosos a granulares, apareciendo a lo largo del margen de los lóbulos. Sin corteza inferior. Superficie inferior blanca, de color violeta-negro hacia el centro. Médula blanca, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+) o amarillo a anaranjado. Corteza superior reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+). **Distribución y ecología:** Cosmopolita. Sobre corteza y rocas; en vegetación muy húmeda de elevaciones medianas, en micro-sitios (semi-)abiertos (subdosel, dosel, vegetación secundaria). - Observaciones: Muy diverso y abundante en el Neotrópico.

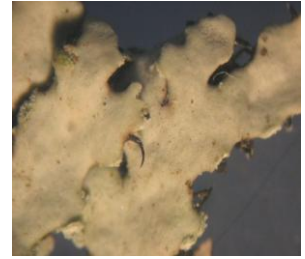


Fig.No.41

Leptogium chloromelum (Ach.) Nyl.

Descripción: Talo folioso-gelatinoso, adherido al sustrato, color oliva a pardo o en parte grisáceo amarillento (no azul-gris), de 2-7cm de diámetro. Lóbulos irregulares, de 1-4mm de ancho. Superficie superior arrugada longitudinalmente, sin isidios. Superficie inferior pálida a gris verdosa, arrugada, con pelos blancos. Cuerpos fructíferos en forma de disco (apotecios), comunes, a menudo marginales, sésiles, de 0.5- 3mm de ancho; pardo a rojo pardusco en el centro (**disco**), cóncavos a planos; margen del mismo color del talo.

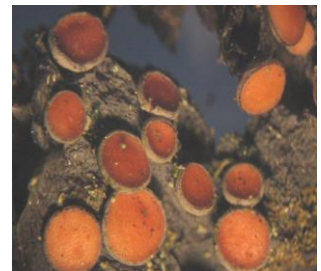


Fig.No.42

Leptogium af mandonii P.M. Jørg.

Descripción: Talo folioso-gelatinoso, pequeño, bronceado, liso, adherido al sustrato. Isidios laminares



Fig.No.43

Leptogium sp1

Descripción: Talo folioso gelatinoso cuando mojado verde, lóbulos pequeños apotecios lecanorinos con disco de color anaranjado – café

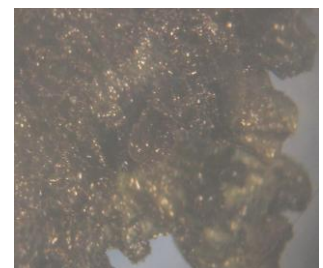


Fig.No.44

Leptogium sp2

Descripción: Talo folioso gelatinoso, cuando mojado color verde, lóbulos pequeños a grandes, apotecios lecanorinos, frecuentes con disco de color café a naranja, distribuidos en todo el talo, ausencia de rizinas en la superficie inferior

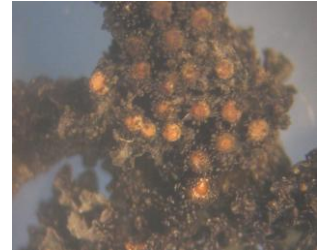


Fig.No.45

Leptogium sp

Descripción: Talo folioso gelatinoso, cuando mojado de color verde lóbulos pequeños ausencia de apotecios e isidios.

Distribución y ecología: Cosmopolita. Sobre varios sustratos; en vegetación húmeda a muy húmeda de elevaciones bajas a altas, en micro-sitios sombrados a semiabiertos.

Observaciones Especies de este género pueden almacenar agua hasta 800% de su peso seco.

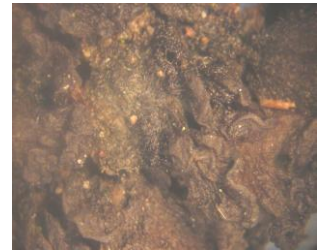


Fig.No.46

Lecanora sp

Descripción: Talo crustaceo aplacoide, de color gris – amarillo, apotecios lecanorinos de color anaranjado, con presencia de pruina blanca

Distribución y ecología: Cosmopolita. Sobre varios sustratos; en vegetación húmeda de elevaciones medianas a altas, en micrositos (semi-) abierto.

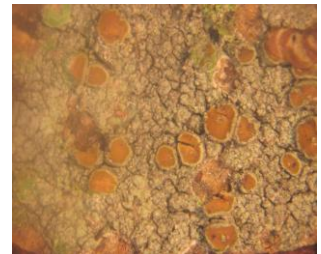


Fig.No.47

Género *Myriotrema sp*

Descripción: Talo crustaceo, de color gris – amarillo, con maculas reticuladas apotecios inmersos zeorinos con disco en forma de poro y margen talino entero.

Distribución y ecología: Pantropical. Sobre corteza; en vegetación húmeda de elevaciones bajas a medianas, en micro-sitios sombrados a semi-abiertos.

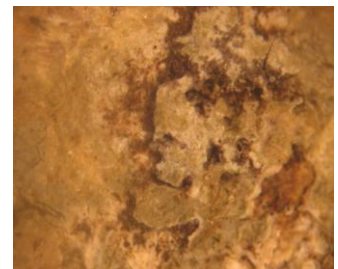


Fig.No.48

Graphis sp1

Descripción: Talo costroso, superficie aspera, con lirelas

Distribución y ecología: Cosmopolita. Sobre varios sustratos; en vegetación húmeda a seca de elevaciones bajas a altas, en micrositos (semi-)abiertos.

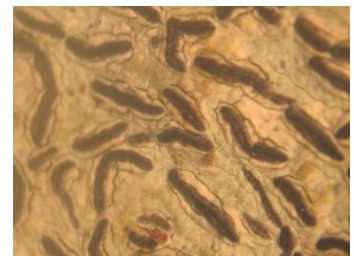


Fig.No.49

Buellia sp

Descripción: Talo crustaceo, corteza gris apotecios lecideinos negros, himenio amiloide, esporas simples de color café con un septo de 12-8 porascas

Distribución y ecología: Cosmopolita. Sobre varios sustratos; en vegetación húmeda a seca de elevaciones bajas a altas, en micrositios sombrados a abiertos.

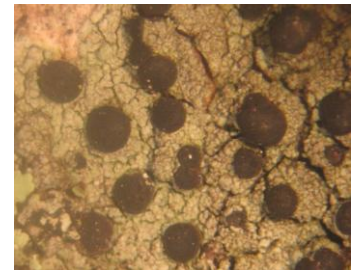


Fig.No.50

***Bulbothrix goebelii* (Zenker) Hale**

Descripción: Talo folioso, gris pálido, de 2 a 8 cm de diámetro, frágil, fuertemente unido al sustrato. Lóbulos dicotómicamente ramificados, planos a subcóncavos, separados, de 0.5 a 1.5 mm de ancho; con cilios densos, bulbosos (engrosados en la base) y ramificados. Superficie superior lisa a rugosa, brillante, débilmente o distintamente con máculas blancas; isidios laminares, cilíndricos, simples a coraloides, soredios y pústulas ausentes. Superficie inferior negra en el centro, más pálida en los márgenes de los lóbulos y con rizinas ramificadas, negras a medio pardas. Médula blanca reacciona ante el hipoclorito de calcio tornándose roja (C+).

Distribución y ecología: Pantropical. Generalmente sobre corteza; en vegetación húmeda de elevaciones medianas, en micro-sitios semi-abiertos (subdosel, vegetación secundaria). - Observaciones: El género *Bulbothricella*, descrito de Venezuela, es un sinónimo de *Bulbothrix*

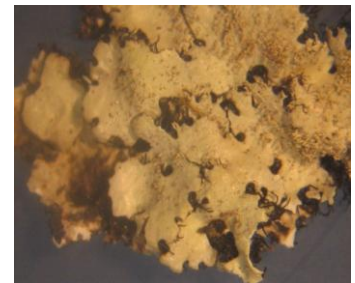
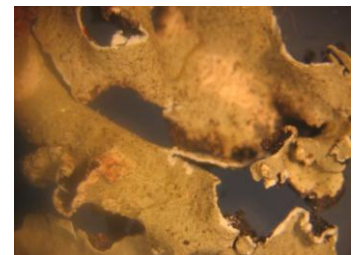


Fig. No.51

***Rimelia reticulata* (Taylor) Hale & A. Fletcher**

Descripción: Talo folioso, adnado o ligeramente adherido al sustrato, gris claro a gris verdoso, de 4-20cms de diámetro. Lóbulos subirregulares, planos, separados, de 5-15mm de ancho, con cilios negros, simples, de hasta 3mm de largo. Superficie superior lisa, con maculas fuertemente reticuladas (grietas finas); soralias presentes, variables, pulverulentas a granuladas, generalmente terminañes en lóbulos cortos, laterales, sin isidios. Superficie inferior con rizinas de dispersas a marginales. Apotecios poco comunes. Médula blanca, reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose de amarillo (K+) a rojo profundo. Corteza superior reacciona ante el hidróxido de potasio tornándose amarillo (K+)

Distribución y ecología: Pantropical, Extendiéndose desde zonas subtropicales y templadas. Generalmente sobre corteza, madera y rocas; en vegetación húmeda de elevaciones medianas, en micro-sitios abiertos.



CAPITULO 2

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

Para la determinación de metales pesados en los talos de líquenes, se realizaron dos muestreos en épocas climatológicas diferentes: uno en época seca de octubre a noviembre 2004 y el otro durante la época lluviosa de junio a julio de 2005, con el objetivo de medir si hay diferencias en las concentraciones de metales pesados; para lo cual, se selecciono a *Phyiscia* spp., por ser el género de mayor representación en los 4 sitios de estudio, tal como se muestra en el cuadro No. 2.

En el cuadro No. 5. Se resumen las concentraciones de los elementos toxicos para la salud humana encontrados en los talos de líquenes pertenecientes al género *Phyiscia* spp, el cual fue seleccionado como biomonitor en los cuatro sitios de muestreo.

Los valores promedio de las concentraciones, se reportan en los cuadros No. 6,7 8, 9, de los puntos de muestreo; estas concentraciones se obtuvieron promediandolas por período climatológico (Los datos individuales de cada punto pueden verse en el Anexo No. 12).

En la gráfica No. 9. Se comparan las concentraciones de metales pesados, obtenidos del análisis de las muestras del género *Phyiscia* spp, colectado en el Campus Universitario de la Universidad de El Salvador; donde en términos generales, las concentraciones de todos los metales pesados son mayores en la época lluviosa que en la seca; por ejemplo: Silicio en época seca (436.20 ppm); en lluviosa (2297.66 ppm); el Fósforo en época seca (358.60 ppm) y en lluviosa (845.2 ppm), Cloro en época seca (168.06 ppm), y en lluviosa (821.2 ppm), Potasio en época seca (1283 ppm) y en lluviosa (4436 ppm), Calcio (4667 ppm) en época seca y (8253 ppm) en lluviosa, Hierro (6646.06 ppm) en época seca (1991.4 ppm).

En la grafica No.10. Presenta las concentraciones de metales pesados, obtenidos en el análisis del material liquenico inventariado en la Feria Internacional, donde, Calcio en época seca (8042.40 ppm) y en época lluviosa (135,958.8 ppm); Titanio en época seca (68.60 ppm) y en lluviosa (552.2 ppm), Hierro seca (505.60 ppm) y en la época lluviosa (49.65 ppm).

La grafica No.11. Muestra la tendencia en las concentraciones de metales pesados identificados en los talos de los líquenes inventariados en el Parque Cuscatlan, donde, Azufre en época seca (781 ppm) y para la lluviosa (203.8 ppm); para el Hierro en época seca (446.06 ppm) y en lluviosa (1081.4 ppm); el Níquel reporta en la estación seca (48.80 ppm) y en la lluviosa (28.2 ppm), y el Cobre (18.26 ppm) en época y en la lluviosa (3.08 ppm).

La grafica No.12. Registra las concentraciones de metales pesados identificados en los talos de los líquenes inventariados en la Finca La Esperanza, donde Silicio en época seca (450.80 ppm) y en la lluviosa (3084 ppm), el Potasio en época seca (775.2 ppm) y en la lluviosa (1283 ppm); Titanio en época seca (56.60 ppm), y la lluviosa (90.4 ppm). El Silicio tuvo una interferencia de concentraciones, debido a un fondo alto de Silicio generado por los materiales que constituyen al criostato del detector.

Las concentraciones para el aluminio en todas las muestras analizadas no se declaran validas debido a que en el proceso de la investigación realizada, se encontro que en las muestras ya digestadas fueron contaminadas con aluminio que se desprendia de las tapaderas de los viales.

En el cuadro No. 10. Se resumen los elementos toxicos tales como Arsénico, Cromo, Plomo. Asi mismo se detallan los elementos mayoritarios (nutrientes) como: Calcio, Potasio, Fosforo. Micronutrientes como: Hierro, Selenio, Cobre y Zinc, los cuales en concentraciones adecuadas son necesarios para los líquenes pero en concentraciones que superan el valor de los límites permisibles establecidos se convierten en elementos toxicos. Los límites permisibles en el aire para Cromo, Arsénico y Plomo, establecidos por la Organización Panamericana de la Salud se pueden observar en el cuadro No. 11. En el presente estudio se ha determinado la concentración de los elementos anteriormente descritos en la muestra de líquenes bajo estudio, por lo tanto no es posible establecer una comparación directa con los datos de valores limites en el aire. Esto puede hacerse cuando se establezca una correlacion entre lo existente en el liquen con lo existente en el aire para un momento determinado.

En la gráfica. No.13. Muestra la relación de temperaturas promedios para las zonas del Campus Univertasiario, Parque Cuzcatlán-Hospitales, Feria Internacional y Finca la Esperanza, en la cual se observa que los dos primeros sitios presentan

promedios menores con relación a los otros dos; donde los picos mayores se dan en el mes de abril, considerado dentro del periodo más seco de la época seca.

Con relación a la Nubosidad en la grafica No.14, en Campus Universitario y parque Cuscatlan durante los meses de abril a octubre se observó una mayor nubosidad en los meses de enero a marzo y de noviembre a diciembre. En la Finca la Esperanza y Feria Internacional fue de abril a octubre de noviembre a marzo.

En la grafica No. 15. Registra para el Campus Universitario y el Parque Cuscatlan la humedad relativa, la mínima corresponde al mes de enero y la máxima en el mes de septiembre. Para la Feria Internacional y la Finca la Esperanza, en el mes de febrero y en septiembre se dieron los valores máximos.

La gráfica No. 16. Se muestran los valores de evapotranspiración potencial (mm); donde los valores mayores para el Campus Univesitario y Parque Cuscatlan se registraron para los meses de marzo a agosto, y una minima entre los meses de septiembre a febrero; para la Finca la Esperanza y Feria Internacional se observa los valores maximos entre los meses de marzo–agosto y los mínima entre los meses de septiembre a febrero.

En la grafica No.17. Se registran los valores de precipitación (mm) para el Campus Universitario y para el Parque Cuscatlan, la menor precipitación correspondió al mes de febrero con un promedio de (5.4mm) y en septimbre con un valor de (342.6mm), para la feria Internacional y Finca la Esperanza registró, un valor minimo correspondiente a febrero con (1.0 mm) y en septiembre el maximo valor con (338.0 mm).

Cuadro No. 5. Muestra el registro de Concentraciones de Metales Pesados, considerados toxicos, presente en los talos de los líquenes, inventariados en cuatro puntos de muestreo del departamento de San Salvador (Octubre a Noviembre de 2004 y de Junio a Julio de 2005).

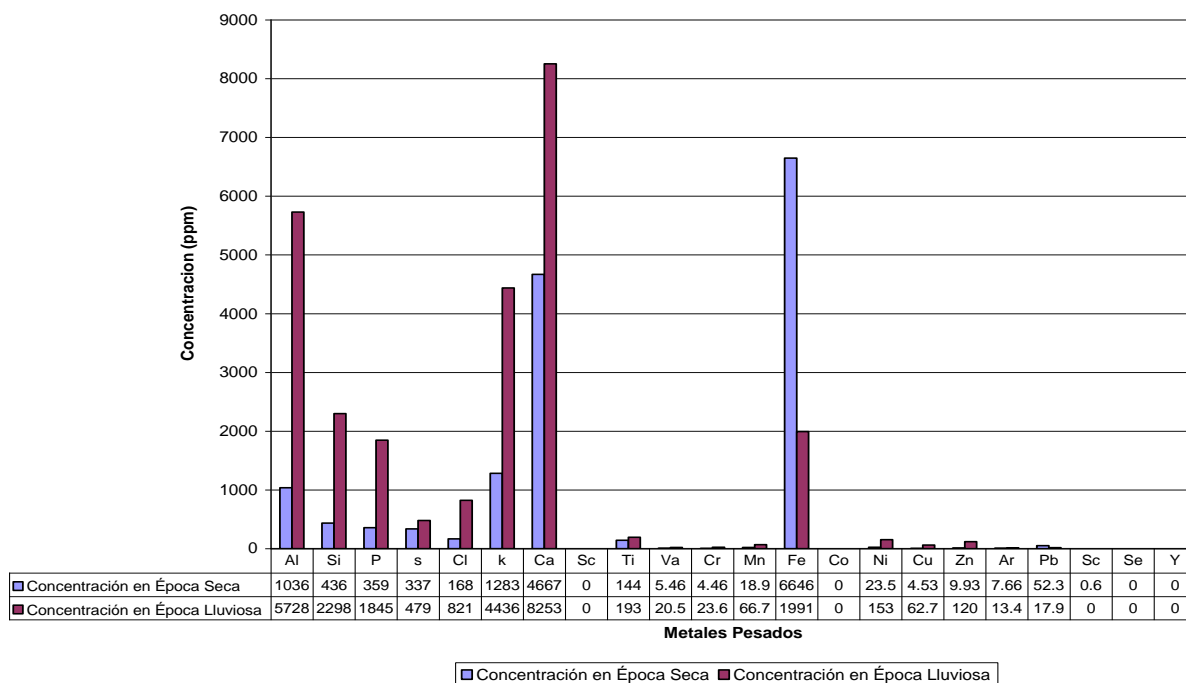
ELEMENTOS	UES	FERIA INT.	PARQUE-HOSPITALES	FINCA LA ESPERANZA
CROMO	23.6	< 58.4	16.13 (*)	< 4.8
ARSENICO	13.4	< 11.2	8.6 (*)	< 260 (*)
PLOMO	52.26	10.9 (*)	9.8 (*)	13.6 (*)

(*) Estas concentraciones corresponden a la época seca las cuales no registrarón aumento en la época lluviosa.

Cuadro No. 6 Promedios de Concentraciones (P.C), en ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E), de los metales pesados presentes en las muestra del género *Physcia* spp., en el Campus de la Universidad de El Salvador, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005).

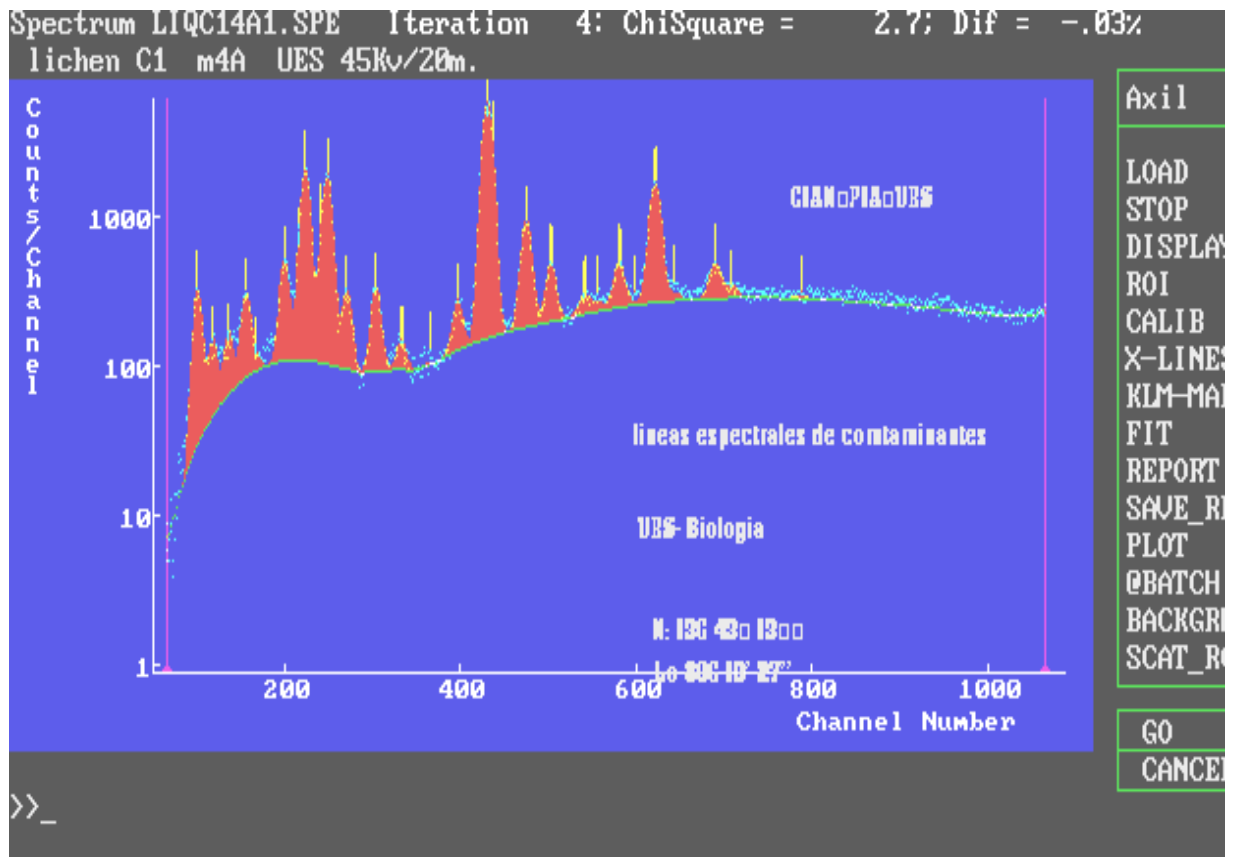
Campus de la Universidad de El Salvador									
Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa	
	P. C ppm	C.D	P. C ppm	C. D		P. C ppm	C.D	P. C ppm	C.D
Aluminio (+)	1035.86	181.2	5727.6	477.2	Cromo	4.46	1.2	23.6	2.6
Silicio	436.2	94.2	2297.66	367.5	Manganeso	18.93	2.53	66.66	12.8
Fósforo	358.6	92.5	1845.2	360.0	Hierro	6646.06	6.31	1991.4	57.19
Azúfre	336.6	52.1	478.54	352.0	Coalto	< 4.00	---	---	---
Cloro	168.06	35.92	821.2	312.2	Níquel	23.53	1.72	153.4	10.7
Potasio	1283	104.2	4436.13	233.5	Cobre	4.53	0.91	62.7	6.4
Calcio	4667	67.03	8253.4	201.3	Zinc	9.93	0.91	119.6	8.60
Scandio	< 38.80	--	---	---	Arsénico	7.66	1	13.4	7.2
Titanio	144.2	8.38	192.66	30.2	Plomo	52.26	---	17.86	---
Vanauio	5.46	--	20.46	---	Estroncio	0.6	0.2	---	---

(+), Ésta concentración se debe a contaminación de la muestra con material de tapadera del vial.



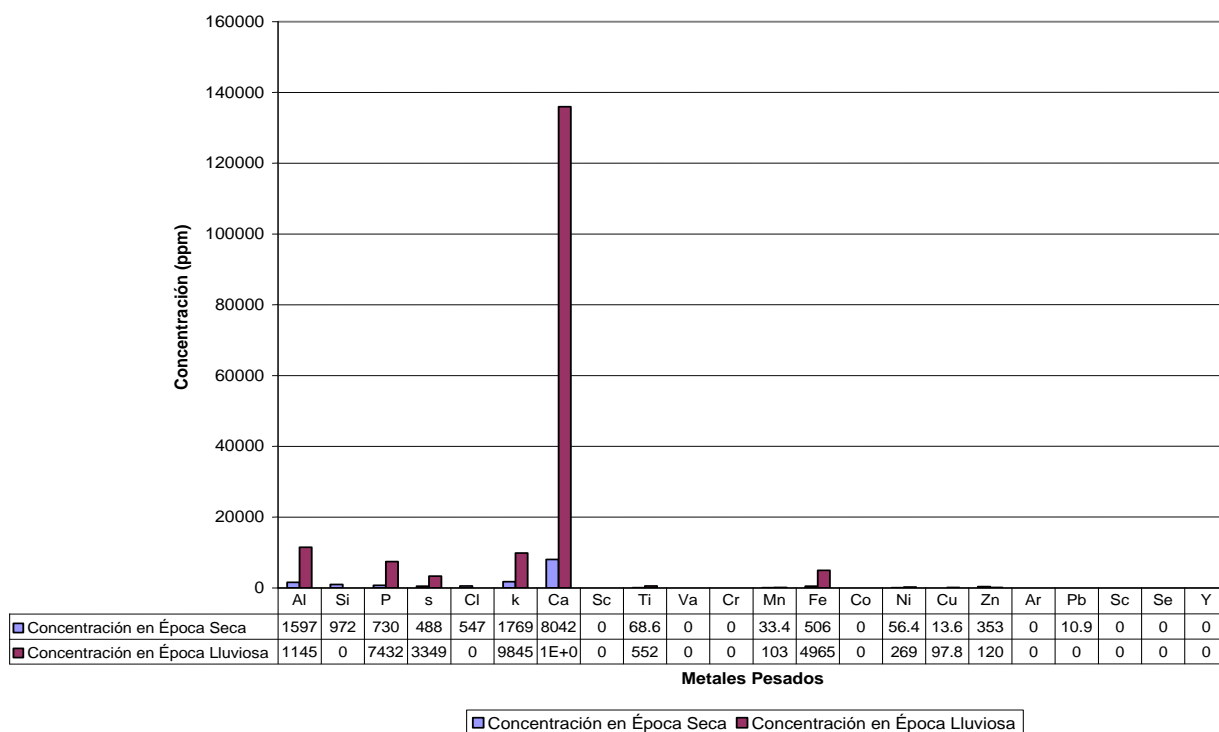
Grafica No. 9, Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en el Campus de la Universidad de El Salvador (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005).

Figura No.52. Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectados en el Campus Universitario.



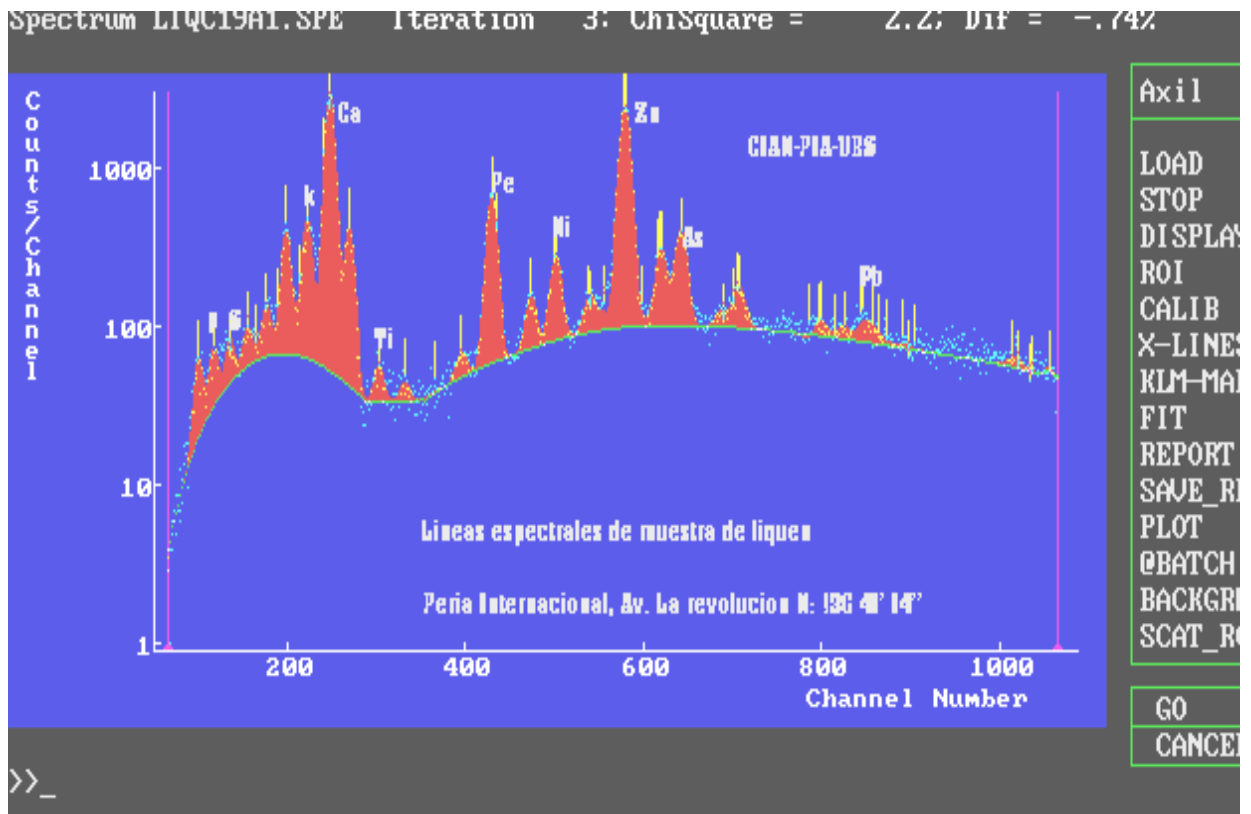
Cuadro No. 7 Comparación de los Promedios de Concentraciones (P.C), en ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E) de los metales pesados presentes en las muestra del género *Physcia* spp., en la Feria Internacional, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005)

FERIA INTERNACIONAL									
Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa	
	P. C ppm	C. D	P. C ppm	C.D		P. C ppm	C.D	P. C ppm	C.D
Aluminio	1597.1	230.4	11457.4	916	Cromo	< 6.20	---	< 58.4	
Silicio	972.1	166.1	----	---	Manganeso	33.4	3.0	102.6	12.4
Fósforo	730.2	198.9	7431.8	1261	Hierro	505.6	7.0	4965	36.6
Azúfre	488.2	71.5	3348.6	304.4	Cobalto	---	-----	---	----
Cloro	547	83.6	---	---	Níquel	56.4	2.5	269.4	9.2
Potasio	1769.4	138.8	9844.8	1245.2	Cobre	13.6	1.6	97.8	6.2
Calcio	8042.4	127.4	135958.8	857.6	Zinc	353.4	4.6	120.2	6.4
Scandio	< 96.60	---	<1081.2	---	Arsénico	---	---	< 11.2	---
Titanio	68.6	7.34	552.2	44.2	Plomo	10.9	---	0.002	---
Vanadio	< 19.20	---	< 57.0	---	Estroncio	---	---	----	---
Selenio	2.4	2.4	---	---	Itrio	< 0.60	----	---	---



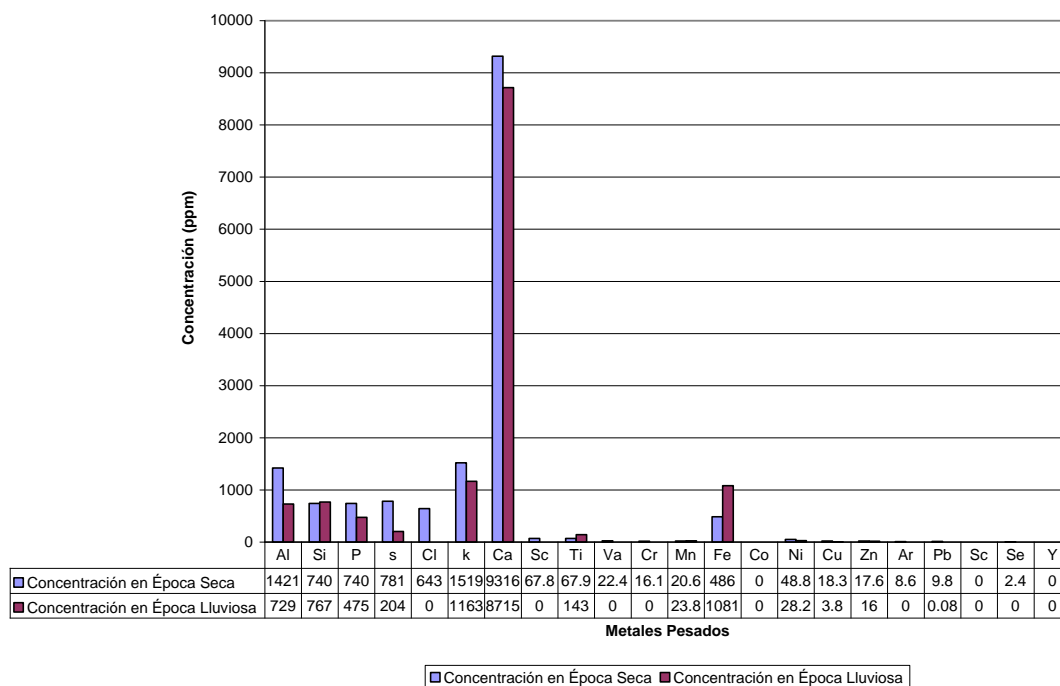
Grafica No. 10, Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en la Feria Internacional (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005).

Figura No. 53. Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectado en la zona de la Feria



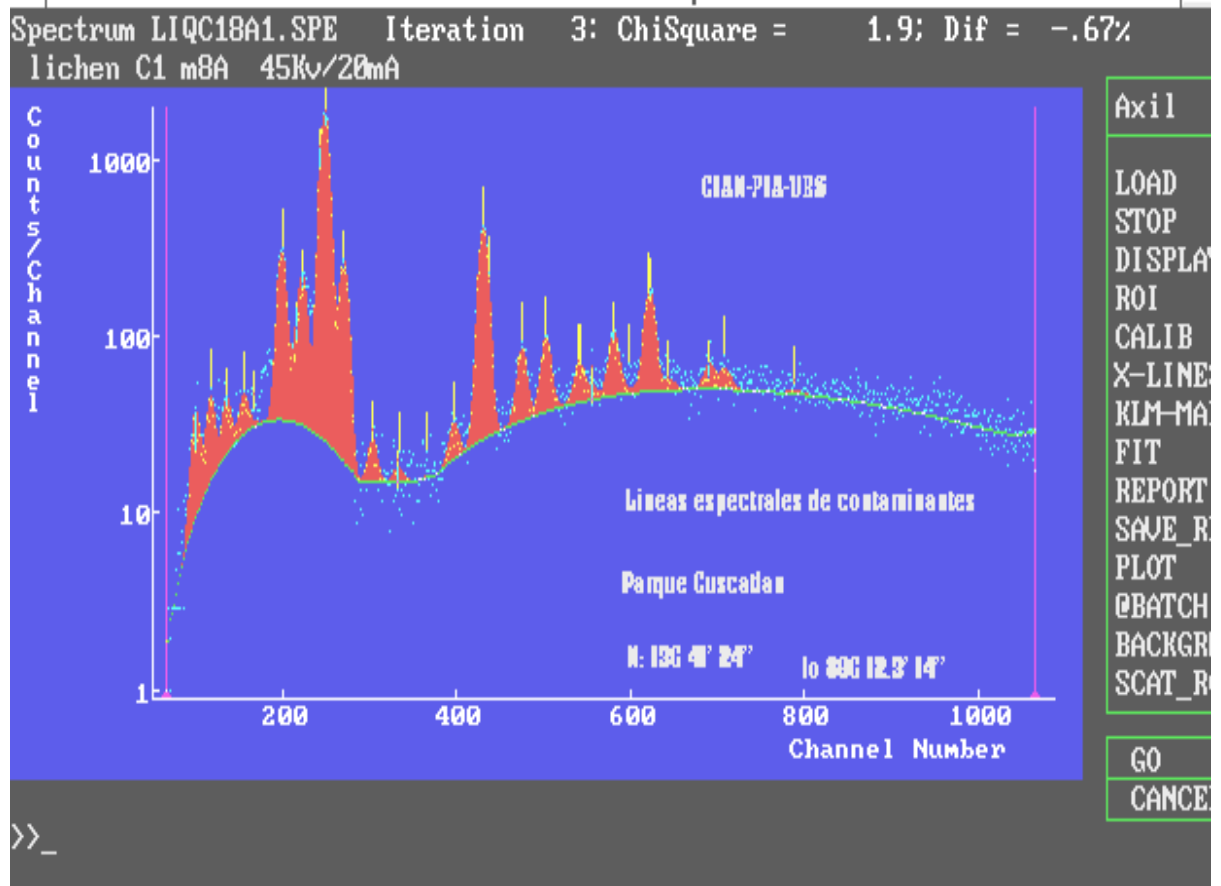
Cuadro N° 8 Comparación de los Promedios de Concentraciones (P.C), en ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E) de los metales pesados presentes en las muestra del género *Phyiscia* spp., en el Parque Cuscatlan, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005)

PARQUE - HOSPITALES									
Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa	
	P. C ppm	C. D	P. C ppm	C.D		P. C ppm	C.D	P. C ppm	C.D
Aluminio	1420.6	526.5	729.4	71.4	Cromo	16.13	2	<4.4	---
Silicio	740.46	303.2	766.6	48	Manganeso	20.6	3.4	23.8	2
Fósforo	740.2	179.4	475	83	Hierro	486.06	17.2	1081.4	4.4
Azúfre	781	104.4	203.8	20.2	Cobalto	< 6.40	---	---	---
Cloro	642.86	238.1	< 41.8	---	Níquel	48.8	6.6	28.2	1.2
Potasio	1519	295.1	1163	76.6	Cobre	18.26	5.06	3.8	0.6
Calcio	9316.3	923.4	8715.4	46.8	Zinc	17.6	2.0	16	0.6
Scandio	67.8	---	---	---	Arsénico	8.6	2.6	< 1.8	---
Titanio	67.93	22.6	143	3.8	Plomo	9.8	---	0.075	---
Vanadio	22.4	---	< 9.8	---	Estroncio	---	---	---	---
Selenio	2.4	---	---	---	Itrio	---	---	---	---



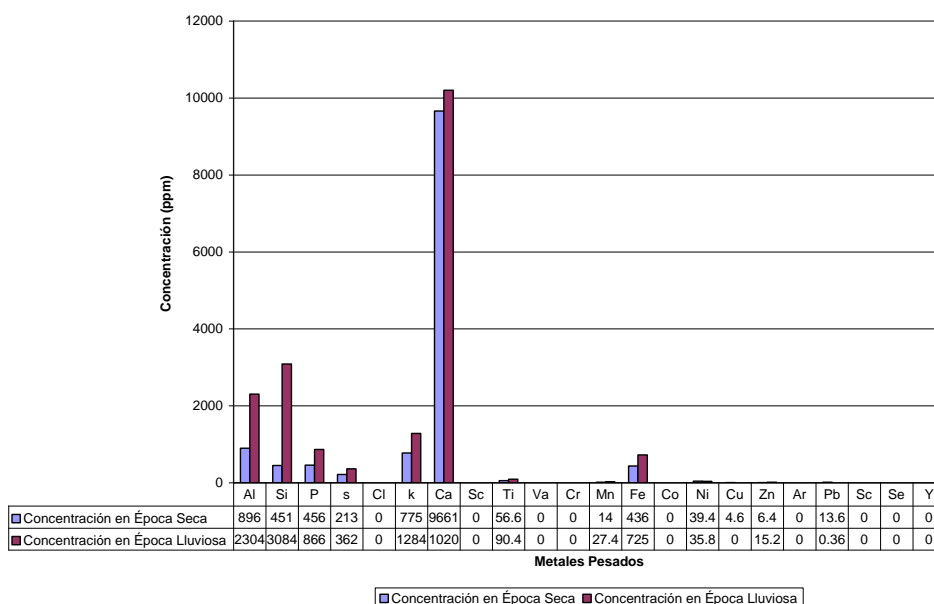
Grafica No. 11, Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en el Parque-Hospitales (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005).

Figura No.54. Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectados en la zona del Parque-Hospitales



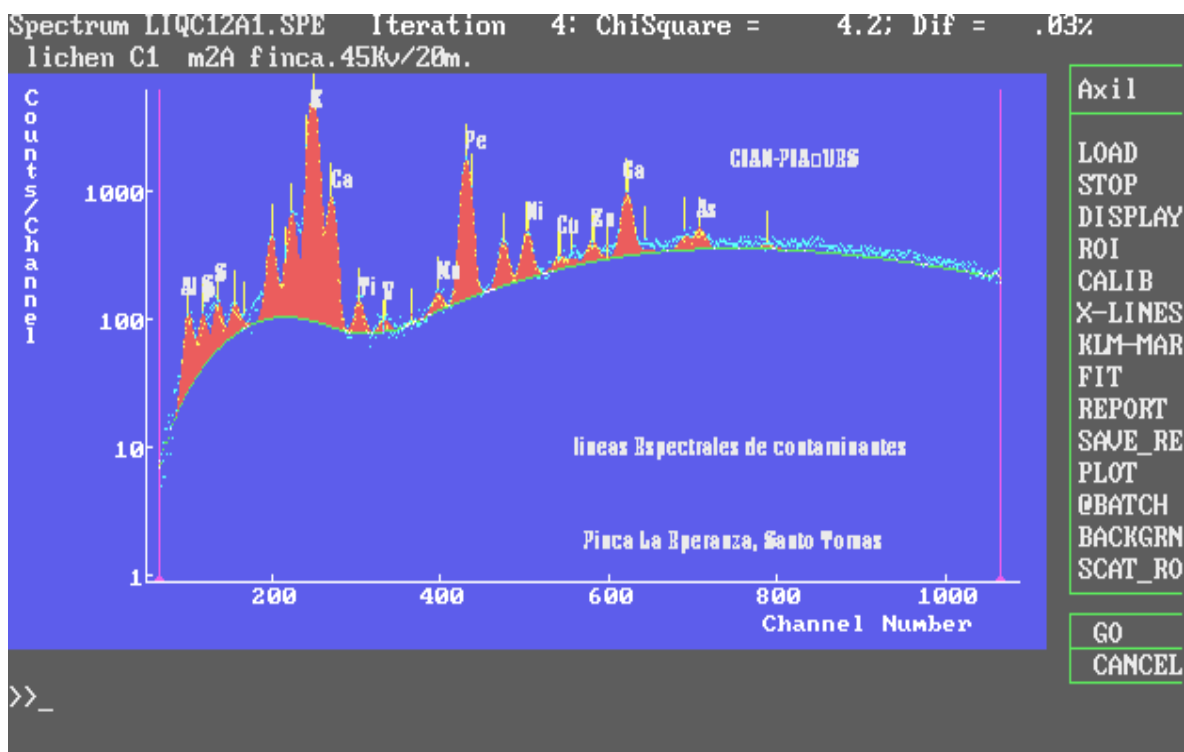
Cuadro N° 9 Comparación de los Promedios de Concentraciones (P.C), en ppm y Calculo de Desviación Estandar (C.D.E) de los metales pesados presentes en las muestra del género *Physcia* spp., en la Finca La Esperanza, durante la época seca y lluviosa (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005)

FINCA LA ESPERANZA									
Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa		Metales Pesados	Epoca Seca		Epoca Lluviosa	
	P. C ppm	C.D	P. C ppm	C.D		P. C ppm	C.D	P. C ppm	C.D
Aluminio	896	10.6	2303.8	92	Cromo	< 4.2	---	< 4.8	---
Silicio	450.8	62.8	3084	141.4	Manganeso	14	1.4	27.4	1.8
Fósforo	456	81	866.4	112.2	Hierro	436.2	3.8	725	5.4
Azúfre	213.2	25	362.2	41	Cobalto	---	---	---	---
Cloro	---	---	< 80.0	---	Níquel	39.4	1	35.8	1
Potasio	775.2	92.8	1283.6	41.6	Cobre	4.6	0.8	---	---
Calcio	9661.4	63.4	10200.4	56	Zinc	6.4	0.6	15.2	1.2
Scandio	---	---	---	---	Arsénico	< 260	---	---	---
Titanio	56.6	3.2	90.4	3.8	Plomo	13.6	---	0.36	---
Vanadio	< 8.0	----	<8.0	---	Estroncio	---	---	---	---
Selenio	---	----	---	---	Itrio	---	---	---	---



Grafica No.12, Comparación de promedio de concentraciones de metales pesados, reportados para época seca y lluviosa en la Finca la Esperanza (octubre –noviembre de 2004, junio de 2005).

Figura No. 55 Muestra las Líneas Espectrales de Metales Pesados, registrados en talos de *Physcia spp*, colectados en la Finca la Esperanza

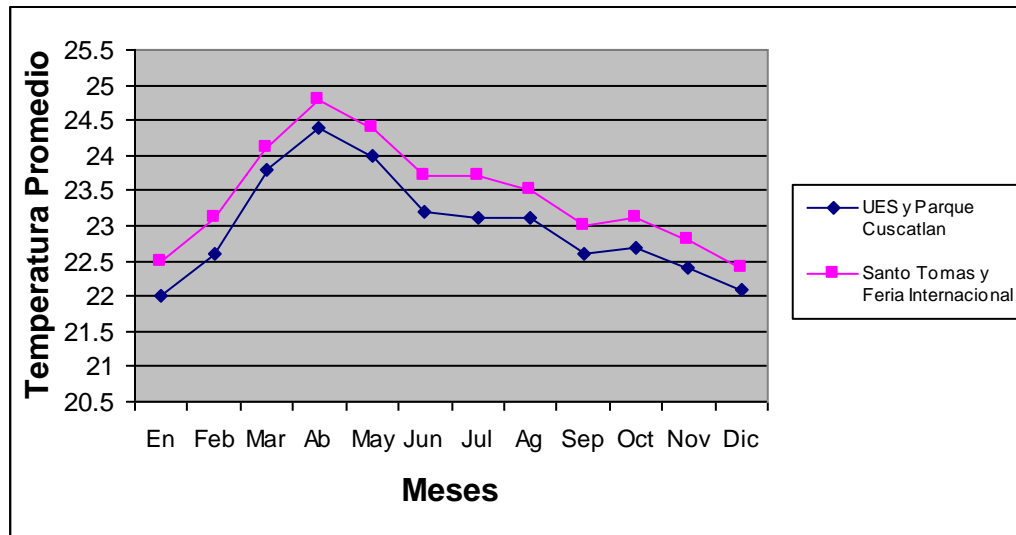


Cuadro No. 10. Se resumen elementos toxicos, asi mismo se muestran elementos mayoritarios (nutrientes) y micronutrientes los cuales en concentraciones adecuadas son necesarios para los líquenes.

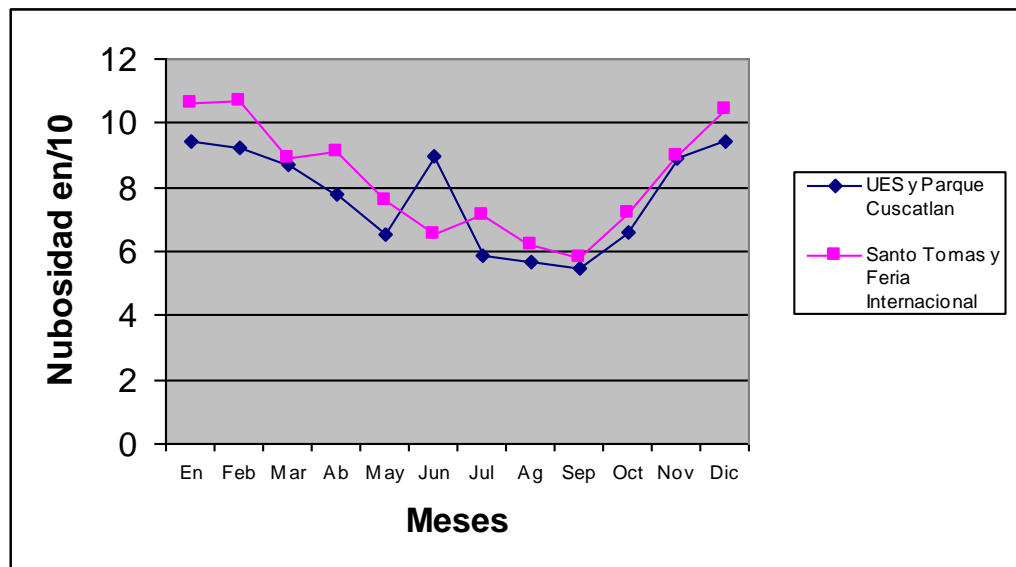
ELEMENTOS TOXICOS	ELEMENTOS NUTRIENTES	MICRONUTRIENTES (*)
Arsenico	Calcio	Selenio
Cromo	Potasio	Cobre
Plomo	Fósforo	Zinc
---	---	Hierro

Cuadro No. 11. Elementos considerados toxicos y sus respectivos Límites Permisibles en el Aire, establecidos por (Oranizacion Panamericana de la Salud, 1984).

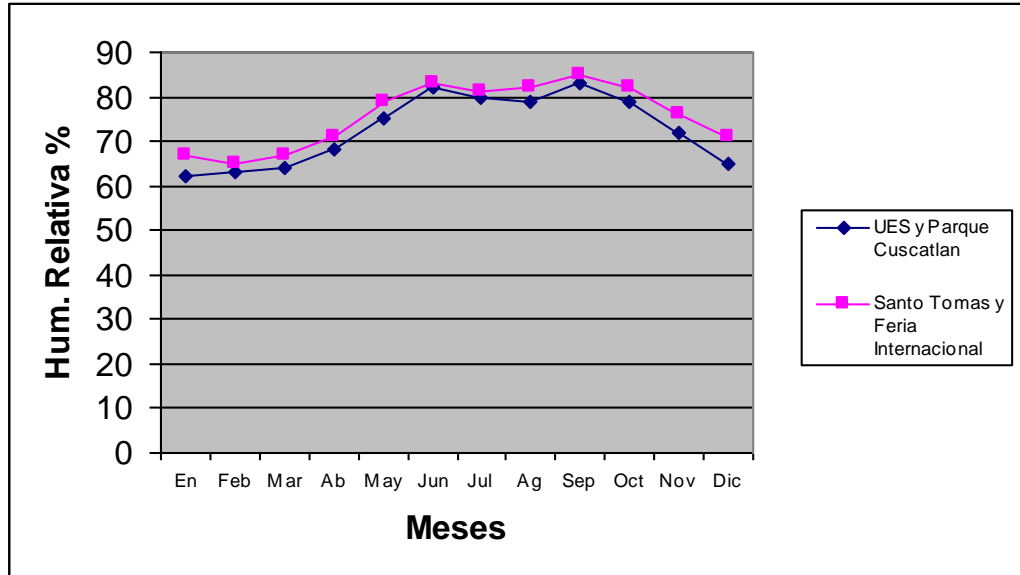
ELEMENTOS TOXICOS	LIMITES PERMISIBLES EN EL AIRE
CROMO	0.04 µg/m ³
ARSENICO	0.2 µg/m ³
PLOMO	0.5 y 2 µg/m ³



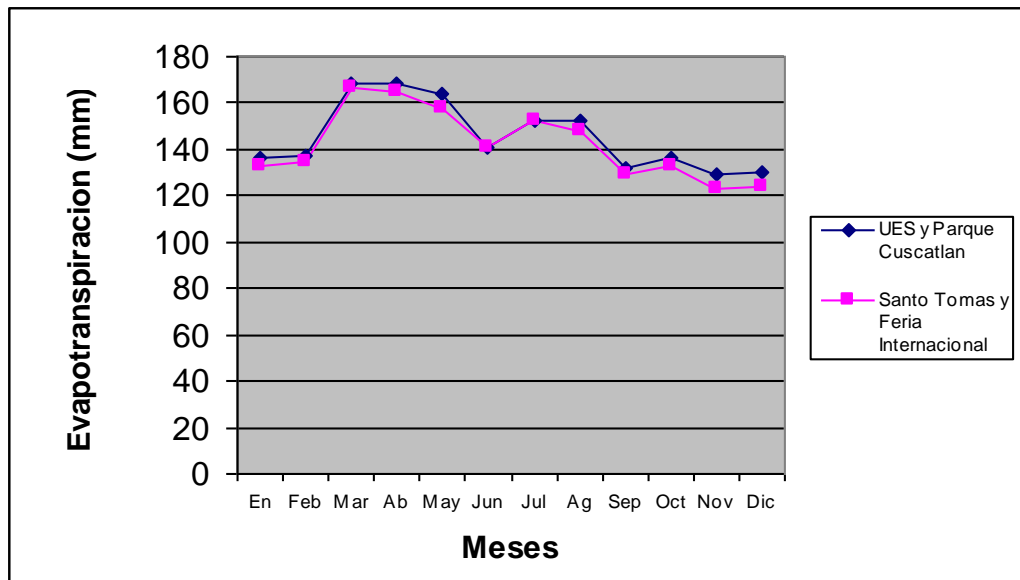
Grafica No. 13 Muestra la tendencia de temperatura promedio de los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).



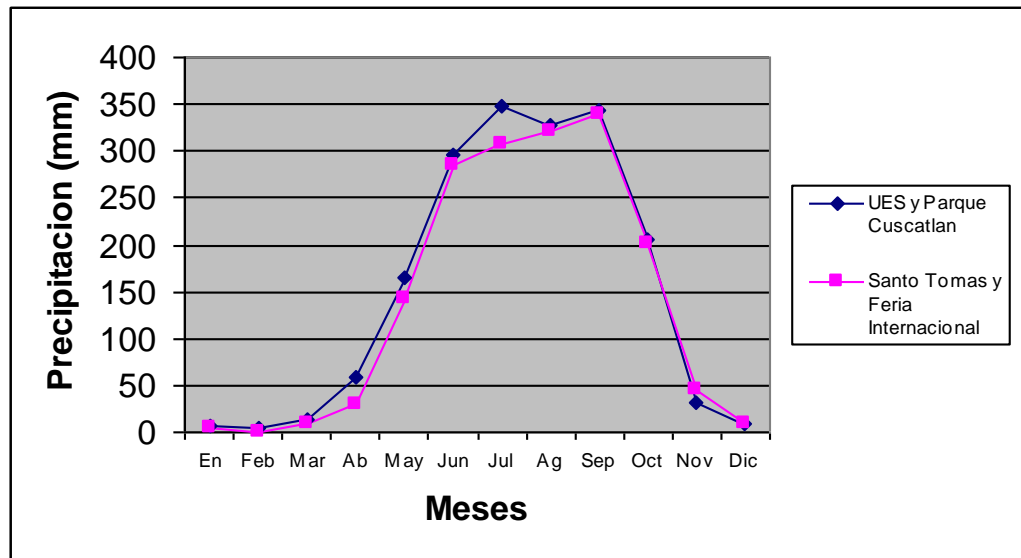
Grafica No. 14 Muestra la tendencia de Nubosidad en / 10 promedio anual en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).



Grafica No. 15 Muestra la humedad relativa promedio anual en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).



Grafica N° 16 Muestra el promedio anual de Evapotranspiración potencial (mm) en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).



Grafica N° 17 Muestra el promedio anual de Precipitación (mm), en los cuatro sitios de muestreo (Fuente: SNET, 2006).

V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

CAPITULO I.

I.1 DIVERSIDAD Y COBERTURA LIQUENICA.

Para la elaboración del inventario de las especies de líquenes se seleccionarán cuatro sitios de muestreo en la ciudad de San Salvador (Campus de la Universidad de El Salvador, Feria Internacional, Parque Cuscatlan, La Finca La Esperanza ubicada en Santo Tomás).

Al observar los resultados en el cuadro No.1, con relación al inventario, se puede establecer que los cuatro sitios en estudio, muestran una marcada diversidad líquénica; ya que se registraron en total 51 especies, 22 géneros, 5 órdenes y 11 familias; datos que al compararlos con el inventario de líquenes realizado por (Siepman, 1995), en el Parque Nacional Montecristo y en el Parque Nacional El Imposible (ambas áreas protegidas), reportan un total de 317 especies y 148 géneros.

En la investigación realizada por (Siepman, 1995), y el reporte de esta investigación, se comparten al menos 49 especies, 22 géneros y 11 familias; lo cual representa al menos el 14.86% de la diversidad de géneros y el 16.08% de las especies presente en las áreas protegida.

Por otro lado (Chávez, 2005), reportó en este estudio dos nuevas especies para El Salvador: *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr, (Fig No. 11) y *Parmotrema fasciculatum* (Vain.) Hale (Fig No. 21), lo cual sugiere que es necesario continuar este tipo de estudios por la sorpresa de encontrar especie como reportes nuevos para El Salvador en sitios urbanos y no así en áreas protegidas.

Los géneros comunes en esta investigación y la realizada por Siepman (1995), son: *Buellia*, *Bulbothix*, *Candelaria*, *Canomaculina*, *Canoparmelia*, *Coccocarpia*, *Cryptothecia*, *Dichosporidium*, *Diorygma*, *Dirinaria*, *Heterodermia*, *Graphis*, *Lecanora*, *Leptogium*, *Myriotrema*, *Ocellularia*, *Parmotrema*, *Physcia*, *Phyllopsora*, *Pertusaria*, *Pyxine* y *Rimelia*.

Las familias comunes registradas en este estudio y el realizado por (Siepman, 1995), son: *Arthoriaceae*, *Collemaaceae*, *Physciaceae*, *Parmeliaceae*, *Lecanoraceae*,

Coccocarpiaceae, Roccellaceae, Graphidaceae, Pertusariaceae, Telotremataceae, Ramarinaceae.

La similaridad en cuanto a presencia en géneros y familias liquenicas antes planteada, probablemente se deba, a que en ambas áreas naturales protegidas compartan algunos elementos característicos, con los cuatro sitios inventariados en la Ciudad de San Salvador, por ejemplo el tipo de sustrato, ya que “barío” (*Callophyllum rekoi*) es una especie común en estas zonas, tal como lo plantean (Alvarado Chacón, 1997).

Al observar la gráfica No.1, es evidente que las familias más representativas en el inventario fueron *Parmeliaceae* y *Physciaceae*, con un porcentaje del 22% cada una, haciendo un total de 44% entre las dos; este alto porcentaje en la cobertura, probablemente se deba al tipo de talo que presentan los géneros que están dentro de estas familias, ya que pertenecen a los talos foliosos, los cuales según (Valencia y Cevallos, 2002) son más resistentes.

En la grafica No. 2, se observa que los líquenes foliosos, distribuidos en las familias *Parmeliaceae, Physciaceae, Lecanoraceae* y *Coccocarpiaceae* cubren un 74.% del total de la cobertura inventariada; probablemente se debe a la morfología del talo, que les permite establecerse y crecer en sustratos diversos; tal como lo plantea (Valencia y Cevallos, 2002).

Los líquenes costrosos, distribuidos en las familias *Arthoriaceae, Graphidaceae, Pertusariaceae, Ramarinaceae, Roccelaceae* y *Thelotremataceae* inventariados cubren 16%, tal como se observa en la gráfica No.2, ubicándose en un segundo lugar, probablemente se deba a las características del talo; ya que se observa una estrecha unión con el sustrato y muchas veces su presencia no se detecta sino cuando fructifica; según (Valencia & Cevallos, 2002), este tipo de líquenes es muy común en ambientes extremos, razón por la cual probablemente al realizar un inventario más exhaustivo durante el período de fructificación, sería los que presenten mayor cobertura, ya que los sitios en estudio, presentan características que pueden considerarse extremas, por la movilidad vehicular entre otros aspectos a considerar.

En la gráfica No. 2, los líquenes gelatinosos presentan apenas, un porcentaje del 10% de cobertura; lo cual constituye el valor más bajo reportado en esta investigación,

probablemente se debe a que estos líquenes, dependen de manera más directa del recurso agua, ya que presentan un alto estados alternos de hidratación y deshidratación, según sean las condiciones medioambientales, esto es favorables desfavorables, en términos de humedad, tal como lo plantea (Valencia y Cevallos, 2002), quien establece que en estado seco se presentan como gránulos negros, lo cual limita su expansión en el sustrato; no así, durante la época lluviosa, período durante el cual, se ve favorecido el desarrollo de sus talos.

En la graficas No. 4, 5, 6, 7, se observa que la familias más representativas de mayor a menor porcentaje, al comparar los cuatro sitios en estudio, son: *Physciaceae*, *Parmeliaceae*, *Telotremataceae*, *Collemtaceae*, datos que coinciden con (Valencia y Cevallos, 2002) quienes reportan como mas representativas las familias Collemtaceae, Physciaceae y Parmeliaceae, en el inventario realizado en una zona de Paramo, en Colombia; a pesar de que las condiciones ambiéntales son totalmente diferentes.

Con relación al número de especies reportadas (cuadro No.2), es en el Campus Universitario, donde se registra la mayor diversidad de líquenes con 40 especies, en el Parque Cuzcatlán, se reportaron 16 especies, y para la Finca La Esperanza se reportaron 18 especies, y en la zona de la Feria Internacional 15 especies, siendo este dato el más bajo en términos de diversidad.

Al observar las especies reportadas, en el Cuadro No. 2.1, es evidente que hay una diversidad compartida, ya que se repiten algunas especies en los cuatro sitios inventariados; siendo un número menor las focalizada en un sitio en particular, tal es el caso de *Buellia sp.*, *Canomaculina neotropica*, *Cryptotecia sp.*, *Coccocarpia palmicola*, *Graphis sp.*, *Heterodermia obscurata*, *Heterodermia cf japonica*, *Lecanora sp.*, *Parmotrema cf praesorediosum*, *Parmotrema cf tinctorun*, *Parmotrema dominicana*, *Pertusaria sp.*, *Phyllopsora sp.*, *Physcia aipolia*, *Physcia crispa*, *Physcia lobulata*, *Physcia manuellii*, *Physcia cf undulata*, *Pyxine cf cocoes*, haciendo en total 19 especies reportadas solamente para el Campus Universitario; lo cual constituye un número mayor que el reportado en cada uno de los otros tres sitios inventariados, esto significa un incentivo para continuar el inventario en esta zona de estudio; la cual a pesar de tener un trafico vehicular abundante, que significa un impacto en términos de contaminación por metales pesados emanados de los combustibles; pero

probablemente la alta densidad de árboles presentes en el Campus, acompañado de las condiciones climáticas, hayan permitido esta mayor diversidad de líquenes.

En el inventario desarrollado en la Feria Internacional, las especies reportadas en su totalidad, son comunes con el Campus Universitario, *Leptogium af mandonii*, es la única especie reportada para este sitio tal como se observa en el cuadro (Cuadro No. 2.1). Así mismo se reporta para el Parque Cuscatlan *Physcia pachyphylla*, *Pyxine berteriana*, *Leptogium sp 2*, específicos para este sitio y en la Finca La Esperanza *Bulbothrix goebelii*, *Dichosporidium nigrocinctum*, *Diorygma sp*, *Heterodermia albicans*, *Myriotrema sp* *Ocellularia sp*, *Rimelia reticulata*, presentes solo en este sitio.

Por otro lado, los otros tres sitios muestreados, presentan cada uno una baja diversidad biológica, en términos del número de especies registradas, a pesar de que los datos relacionados con aspectos climatológicos (temperatura, nubosidad, humedad relativa, evapotranspiración y precipitación) (Gráficas No 13, 14, 15, 16 y 17), son similares para el Campus Universitario con la zona del Parque-Hospitales; y la zona la Feria Internacional con la zona de la finca La Esperanza, según datos proporcionados por el (SNET, 2006). Según Nylander, (1866); Citado por Valencia y Cevallos (2002); los líquenes se reconocen por ser muy sensibles a la contaminación atmosférica además, observó la ausencia de líquenes en ciertos bosques debido a la contaminación originada a sus alrededores. La Finca la Esperanza se encuentra relativamente cerca de la ciudad de San Salvador ya que la distancia es de 13 kilómetros al sureste de San Salvador; por otro lado, probablemente, la altura del dosel de los árboles realice un impacto negativo en la disminución de la diversidad de líquenes, ya que es un bosque cerrado, lo cual no permite la filtración de la luz solar hasta los niveles más bajos como son los troncos de los árboles; y este haya sido un factor determinante de la escasez de las especies de líquenes inventariadas en el rango de colecta el cual fue de 35 a 160 cm.

Según observaciones durante el desarrollo de la investigación en la Finca la Esperanza, la mayor diversidad de líquenes se encuentra en el dosel de los árboles donde reciben la luz solar. Rivera, (2002); plantea que la naturaleza del sustrato determina la distribución y crecimiento de los líquenes. Se puede afirmar que crecen sobre cualquier superficie iluminada como rocas, corteza de los árboles ó el suelo.

Aunque no son exigentes con la humedad y temperatura pero si son muy específicos en el sustrato en que se desarrollan.

La diversidad de líquenes en el campus universitario probablemente se debe a diferentes factores medioambientales, entre los que se pueden mencionar, la intensidad de luz solar, debido a que el Campus es un lugar abierto en cuanto a cobertura vegetal, lo cual permite que la luz solar llegue directamente a la superficie del tronco de los árboles permitiendo de esta manera una mayor diversidad de líquenes en toda la corteza. A pesar de estar rodeado por el tráfico vehicular se encontró mayor diversidad de especies, probablemente se vio favorecido por la infraestructura que de alguna forma contribuye a que las corrientes de viento no lleguen directamente a los líquenes creando una barrera de protección, ya que los árboles muestreados no se encuentran en la periferia si no que en el centro del Campus Universitario, de esta forma no están expuestos directamente a los contaminantes y a las emanaciones vehiculares.

En la Feria Internacional se inventariaron 15 especies disminuyendo la diversidad líquenica, a pesar de ser un lugar abierto donde los líquenes reciben directamente la luz solar, probablemente la escasez líquenica se debe a los contaminantes y emanaciones del tráfico vehicular, ya que los árboles muestreados se encuentran ubicados en la periferia de la Feria Internacional.

De igual manera en el Parque Cuscatlan solo se inventariaron 16 especies, notándose una marcada diferencia en cuanto a la diversidad líquenica, a pesar de ser un lugar abierto comparte las mismas condiciones medio ambientales de los árboles presentes en la Feria Internacional.

CAPITULO II.

II.1 ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO. INDICE DE PUREZA ATMOSFERICA (IPA).

Según Sloover y Loblanco (1968), el Índice de Pureza Atmosférica, refleja la riqueza o escasez de la vegetación epífita de una determinada zona y es válido únicamente cuando se compara entre territorios o regiones que presenten aproximadamente la misma climatología y ecología, razón por la cual para los cuatro

sitios de muestreo se aplíco dicho índice, ya que presentan casi las mismas condiciones ambientales según se muestra en el tabla No. 3.

En el cuadro No.3 y grafica No.8, se observan los valores promedios del Índice de Pureza Atmosférica para cada sitio de muestreo, para el Campus Universitario se obtuvo un valor promedio de 14.74, y un porcentaje de 81%, en segundo se ubica la Finca La Esperanza con un valor de 1.73, y un porcentaje de 9%, seguido de la Feria Internacional con un valor promedio de - 0.8 y un promedio de 4% el Parque Cuscátlan con un valor de - 1.2, y un porcentaje de 6%

Según Sloover & Lobranc, (1968). El valor valor maximo de IPA, corresponde a una zona muy bien conservada por lo que es posible que quede mas protegido del aire contaminado que llega procedente del trafico vehicular, probablemente en los resultados obtenidos del Campus Universitario obtuvo un IPA de 14.74, reflejando un mayor indice de pureza al comparar los 3 sitios restantes, relacionando con la diversidad se obtubieron 40 especies, reflejando una riqueza liquénica tal como lo plantean los autores de dicho indice.

La Finca La Esperanza representó 1.73 de pureza y es el segundo lugar menos contaminado según el IPA.

En la Feria Internacional se registro un valor de - 0.8 y en el Parque Cuscatlan se registro un valor promedio de - 1.2, reflejando una mayor contaminación en estas áreas de muestreo, este resultado probablemente se debe al trafico vehicular constante, en el caso del Parque las emanaciones provenientes de los hospitales aledaños, probablemente influyen directamente en la contaminación del aire.

II.2 ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (I.V.I).

En cuanto al valor de Indice de Valor de Importancia (I.V.I), se puede observar en el cuadro No.4 que la especie que presenta mayor IVI es *Physcia solediosa* con un valor de 37.31, así mismo se reporta a *Canoparmelia cf texana* con un alto valor de IVI 27.69, *Candelaria concolor* con 25.52, *Parmotrema sp*, registra un valor de IVI de 22.49, *Physcia krogiae* con 19.84, *Physcia atrostriara* 16.28 de IVI.

CAPITULO III.

III.1 ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE METALES PESADOS.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el Análisis de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total, el sitio que reflejó los aumentos más significativos en la concentración de metales pesados fué en la Feria Internacional, donde aumentaron los niveles de concentración de época seca a época lluviosa, tal como se muestra en la Grafica No.10, esto puede indicar que el género elegido es un buen bioacumulador dado que cumple las características de acumular elementos de interés. En la Grafica No.10, se pueden observar los siguientes elementos: Calcio, presentó un valor promedio de 9316 ppm en época seca, disminuyendo a 8715 ppm en la lluviosa, contrario a esta tendencia el hierro, presentó un valor de 486 ppm en época seca registrando un incremento en época lluviosa de 1081 ppm.

El segundo lugar donde se encontraron los niveles más altos de elementos contaminantes en líquenes fue el Campus Universitario presentando un mayor incremento de metales pesados de la época seca a época lluviosa según el análisis realizado, en la Grafica No.9, se muestran las tendencias del incremento de las concentraciones de los metales. Tal es el caso del Calcio, el cual registró en época seca un valor de 4667 ppm, observándose un incremento en época lluviosa de 8253 ppm, Hierro se registró en época seca 6646 ppm, disminuyendo en época lluviosa a 1991 ppm, Potasio registró en época seca 1283 ppm, observándose un aumento en época lluviosa de 4436 ppm.

En tercer lugar se ubica la Finca la Esperanza de acuerdo con los aumentos de las concentraciones de metales pesados de la época seca a la época lluviosa tal como se muestra en la Grafica No 12, Calcio, en época seca con una concentración de 9661 ppm, y en época lluviosa de 1020 ppm, Silicio, con una concentración en época seca de 451 ppm, registrando un aumento en época lluviosa de 3084 ppm,

Según los aumentos de las concentraciones de los metales pesados de época seca a época lluviosa el Parque Cuscatlan se ubica en cuarto lugar ya que disminuyeron los niveles en sus concentraciones según se muestra en la Grafica No 11, Calcio, en época seca con un promedio de 9316 ppm, y en época lluviosa

disminuyo a 8715 ppm, Potasio, disminuyo de una concentración de 1519 ppm en epoca seca a 1165 ppm en epoca lluviosa, Hierro, con una concentración de 486 ppm, es el unico elemento que presento incremento en epoca lluviosa a 1081 ppm.

Estos resultados podrían deberse a que los meses escogidos para realizar los muestreos corresponden precisamente tanto a la estación seca (de octubre a noviembre de 2004), como a la estación lluviosa (de junio a julio de 2005) ya que los parámetros medio ambientales juegan un papel importante en la bioacumulación de metales pesados, como la lluvia, el viento, la posición relativa del liquen respecto del dosel de los árboles, la luz solar, etc. Todos estos parámetros no controlables en el presente estudio, pueden haber influido en las concentraciones de metales pesados registradas en los líquenes.

La lluvia y dosel de los árboles: en un lugar cerrado la lluvia no cae directamente en los líquenes sino que cae en el dosel de los árboles, tal es el caso de la Finca la Esperanza esto podría explicar la razón por la cual los líquenes tendieron a aumentar su concentración a diferencia del Parque Cuscatlan que es un lugar abierto donde la lluvia cae directamente sobre el talo del liquen arrastrando la materia que se adhiere al talo donde la lluvia cae constantemente, disminuyendo de esta forma la acumulación de los metales pesados, ya que para que un liquen acumule necesita captar partículas que son acarreadas por el viento y son adheridas al talo para luego ser acumuladas o adsorbidas.

Según García (1999), las concentraciones de los elementos tales como el Nitrógeno, Calcio, Potasio, Manganeso, Hierro y Sodio, dependen directamente de las condiciones nutricionales de la planta, de la lluvia y de influencia humana. Además depende de factores internos como la actividad fisiológica, la capacidad específica de acumulación, la delicadeza de los tejidos y el ciclo de crecimiento. La tendencia general es encontrar las concentraciones de metales pesados más bajas en invierno y las más altas en verano, debido a la influencia de la lluvia.

Otro de los factores importantes que podrían influir en la bioacumulacion de metales pesados en la Finca la Esperanza son las quemas realizadas por los pobladores, y a su vez la fumigación que se realiza en los cafetales para combatir la

broca mediante químicos como el Endosulfan: 6, 7, 8, 9, 10,10 – Hexacloro – 1.5, 5a, 6, 9, 9a, Hexaidro – 6.9 – Metano – 2, 4, 3 – Benzodio – Xathiesin, 3 – Oxido.

Probablemente por las razones antes expuestas la Finca La Esperanza presenta notable incrementos en las concentraciones de los metales pesados estudiados a diferencia del Parque Cuscatlan.

El viento: Es uno de los factores de mayor influencia, siendo en el centro de la ciudad más caliente debido al tráfico vehicular. Por esta condición se eleva el aire hasta el punto donde alcanza un enfriamiento y a la vez se mueve según los vientos prevalentes, una vez enfriado el aire nuevamente desciende a la superficie, según la dirección de las corrientes del aire. En el caso de el Campus Universitario y el Parque Cuscatlan en epoca seca los vientos proceden del Norte, tienen una velocidad de 7.8 Km / h promedio anual y en epoca lluviosa los vientos provienen del Suroeste, a diferencia de la finca la Esperanza y la Feria Internacional tienen una velocidad de 10 Km / h promedio anual. (SNET, 2006), debido a esta razón la polución no necesariamente se deposita donde se produce, sino en las áreas hacia donde es trasladada por el movimiento de se las corrientes de aire.

En la grafica 13 se registra la Temperatura promedio (°C) anual, para el año 2005 fue de 23 °C. Este parámetro no es un factor determinante para los líquenes ya que no son exigentes con la temperatura, por ser tolerantes a condiciones extremas, pero si son especificos con el sustrato. Rivera, (2002).

Los líquenes se ven favorecidos con la Humedad Relativa (%), nubosidad y Precipitación (mm), para el año 2005 el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) reportó los promedios anuales de nubosidad con 5.15, Humedad Relativa promedio de 72.6 % y Precipitación promedio de 150.9 mm, como se muestra en la Grafica No. 15, 14, 17. Respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

Los géneros de líquen más representativo en el inventario realizado en cuatro sitios de San Salvador fue *Physcia*, con un total de 15 especies y *Parmotrema* con 8 especies, *Leptogium* con 5 especies y *Heterodermia* con 3 especies.

De los resultados obtenidos a partir del inventario de líquenes es notable que en un área relativamente pequeña, se reportan 51 especies diferentes de líquenes, dentro de las cuales hay dos nuevos reportes para El Salvador, ***Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr**, y ***Parmotrema fasciculatum* (Vain.) Hale**.

Al comparar los resultados del análisis de Metales Pesados y los del índice de Pureza Atmosférica se encontró muy poca coincidencia en los datos, en cuanto al lugar con mayores niveles de contaminación en los líquenes, lo cual probablemente se deba a la influencia de muchas variables intervinientes como el viento y la lluvia misma. En el presente estudio no solamente no fue posible controlar todas las variables intervinientes si no también las colecciones de la especies consideradas bioindicadoras, se realizo directamente del árbol y no se llevo a condiciones mas controladas.

El género *Physcia spp* presentó las mejores características para ser considerado un buen bioindicador (bioacumulador) de Metales Pesados contaminantes, y podría ser retomada para futuras investigaciones de ésta naturaleza.

De los Metales Pesados encontrados en los talos de líquenes por la técnica de Fluorescencia de Rayos -X, aquellos que se consideran tóxicos a la salud humana son: Cromo, Plomo y Arsénico, (habiendose encontrado en la zona urbana en las concentraciones máximas promedio de 23.6 ppm, 52.26 ppm, 13.4 ppm respectivamente).

En la presente investigación, aun no es posible establecer una correlación entre los elementos presentes en los talos de líquenes y los elementos contaminantes presentes en el aire, para ello es necesario formular una metodología que permita establecer dicha correlación.

De acuerdo con el análisis del Índice de Pureza Atmosférica (IPA), el sitio que presento menos contaminación fue el Campus Universitario con un valor 14.74, a diferencia el Parque Cuscatlan presento un valor de - 1.2, reflejando una mayor contaminación.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar capacitaciones para la identificación de líquenes por que constituye un factor importante, ya que la falta de entrenamiento para la identificación fue el principal problema en la realización de esta investigación.

Continuar el estudio con líquenes como bioindicadoras en la evaluación ambiental, dado que representa una alternativa de bajo costo, si se compara con métodos de medición directa.

Retomar el presente estudio utilizando otra especie de líquen para efecto de evaluar sus características como bioacumulador y de esta forma poder compararlo con el presente estudio.

Ejecutar un programa permanente de biomonitoreo de la calidad del aire utilizando especies liquénicas ya que se tiene poco conocimiento acerca de la biodiversidad de líquenes en los trópicos, y muchas de sus especies aun por conocer, considerandose importantes como bioindicadores, dado que su abundancia ó escases son resultado del nivel de contaminación en las zonas bajo estudio.

Efectuar una investigación donde se estudie el metabolismo de cada tipo de talo de líquenes para determinar la forma en que asimilan los metales.

Ampliar este estudio con nuevas técnicas de implante de variedades liquénicas a efecto de realizar estudios en condiciones más controladas que permitan que el sustrato en que esta depositado el líquen trasplantado se oriente con los vientos permitiendo un mejor proceso de asimilación de contaminantes presentes en el aire.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ALVARADO CHACÓN, L.L., R. A. CARBALLO GONZÁLES, J.M. CONSTANZA
CONSTANZA. 1997. Regeneración Natural Forestal en dos Cafetales
abandonados en el Parque Nacional El Imposible, Departamento de
Ahuachapán, El Salvador, Centro América. Tesis de Licenciatura. Facultad de
Ciencias Naturales y Matemática. Escuela de Biología, Ciudad Universitaria, San
Salvador. 72 pp.
- ANÓNIMO. s.a. Líquenes y calidad del aire, utilización de líquenes como
bioindicadores, <http://personal.telefonica.terra.es/web/quiquefe/liquenes.htm>
- ARGUELLO R, 1994. Medio Ambiente y salud, El Salvador, análisis del sector salud,
41pp
- AM CHAM EL SALVADOR. 2002. American Chamber Of Commerce of El Salvador.
Información General El Salvador. <http://www.anchomsad.com/>
- CEAM. 2004. Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Contaminantes.
www.gva.es/ceam/docs/eurobionet.pdf
- CONSUMER. 2001. Medio Ambiente. Metales Pesados. Revista. Nº 42.
www.revistaconsumer.es/discapitados/es/2001031/medioambiente.
- CORTEZ, R. 1998. Detectan altos niveles de contmainantes en le aire. El Diario de Hoy.
Pág. 22.
- E. I. A. 2004. Escuela de ingenieria de Antioquia. Sitios web. EIA. Documentos
Ecologia. Modulo de Vegetación. www.biologia.eia.edu.co/ecologia.
- ENZEMBERG. H. M. 2000. Los Líquenes. “El Más Lento Telegrama”.
<http://es.geocities.com/ecored2000/liquen.htm>
- FERNÁNDEZ RUIZ, R. 2004. Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total (TXRF).
www.uam.es/investigación/servicios/side/especifica/txrf-side.html
- FUENTES ESCOTO, J DE LA C. 1998. Identificación Taxonómica y Descripción
Botánica de La Especie de La Familia Compositae en el Campus de La
Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias naturales y Matemática.
Escuela de Biología. 77pp.

- HARRIS, D.C, 1992. Análisis Químico Cuantitativo, Grupo Editorial Iberoamericana. México D.F, 886 pp
- HAWKSWORTH. *et al*; 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos, <http://www.reviberoammicol.com>
- LSERTANT & DE SLOOVER. 2002. Bioindicadores. <http://www.eco-sitio.com.ar/bioindicadores>.
- MONJE N. et al. 1999. Líquenes como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica. <http://www.infoweb.co.cr/mopt/c4.html>
- MARN & VIVIVDU, 2002. Plan Nacional de Ordenamiento Territorial, Primer Informe Parcial. (Diagnóstico) Sistema biofísico. 63pp.
- MARTINEZ A & J. ARGUETA. 2003. Diversidad y Abundancia de la vegetación en el Área de Recuperación Zoológica (FUNZEL) Finca La Esperanzas, Cantón los Potrerillos, Municipio de Santo tomas, departamento de San Salvador. 53 pp
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 1987. Guía para la calidad del agua potable, volumen 2, Criterios relativos a la salud y otra información de base, Publicación Científica No.506, Washington D.C 350 pp.
- PUIG A. 2004. Bioindicadores (Indicadores Biológicos). www.cricy.edu.ar/enciclopedia/
- Quantitative x-ray analysis system. 1995. Documentatium version 1.2, 125 pp.
- RIVERA. M. 2002. Los Líquenes. <http://www.ceducapr.com/liquenes.htm>.
- SANTOS MÉNDEZ, B. M. 2003. Contaminación por Elementos Pesados en Suelos y Hortalizas Irrigados por los Ríos Sucios y los Caños, Usando Fluorescencia de Rayos X. Universidad De El Salvador. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Escuela de Física. 81pp.
- UNIÓN EUROPEA. 2003. Evaluación de La Calidad del Aire Urbana. <http://www.ecotropia.com/n2031203.htm-8k>
- Valencia M.C & J.A. Cevallos, 2002; Hongos liquenizados editorial, El Malpensante, S.A, Colombia, 219 pp.
- VENTURA CENTENO. 2003. Manual de Botánica II. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. 60 pp. www.uam.es/investigacion/servicios-side/especifical/txrf-side.html.

EPPIS, M. R. Adelfang P. Bianchi. L, Verboso A; s. a, Determinacion de elementos traza en plantas medicinales por fluorescencia de rayos x por reflexion total.

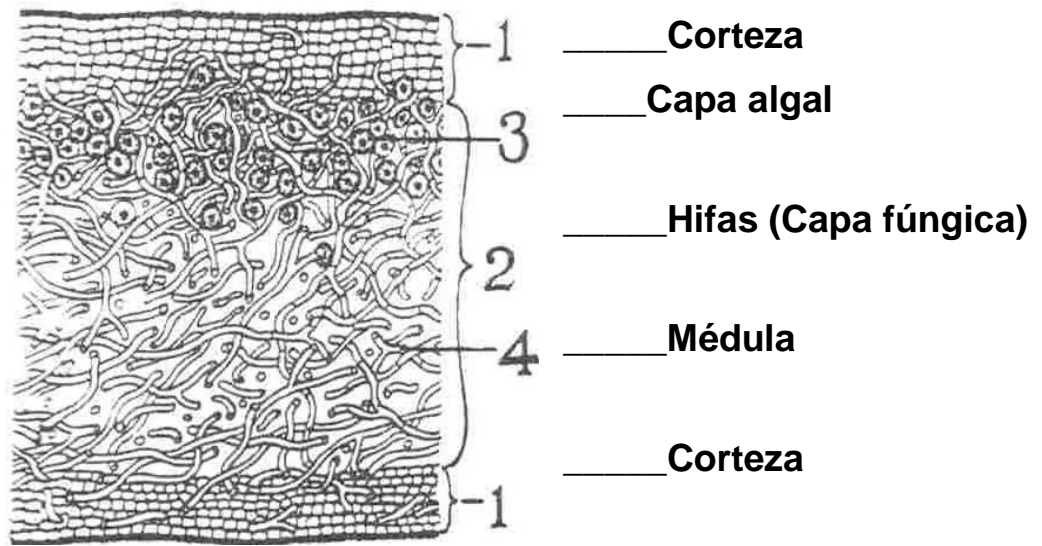
[www.cab.cnea.gov.ar/AATN 99/Actas/Dous/R3104](http://www.cab.cnea.gov.ar/AATN%2099/Actas/Dous/R3104)

ROUESSAC. F, & ANNICK R, 2003, Analisis químico métodos y técnicas instrumentales modernas, 5ta edicion editorial McGraw-Hill/Interamericana, Espana, 441pp

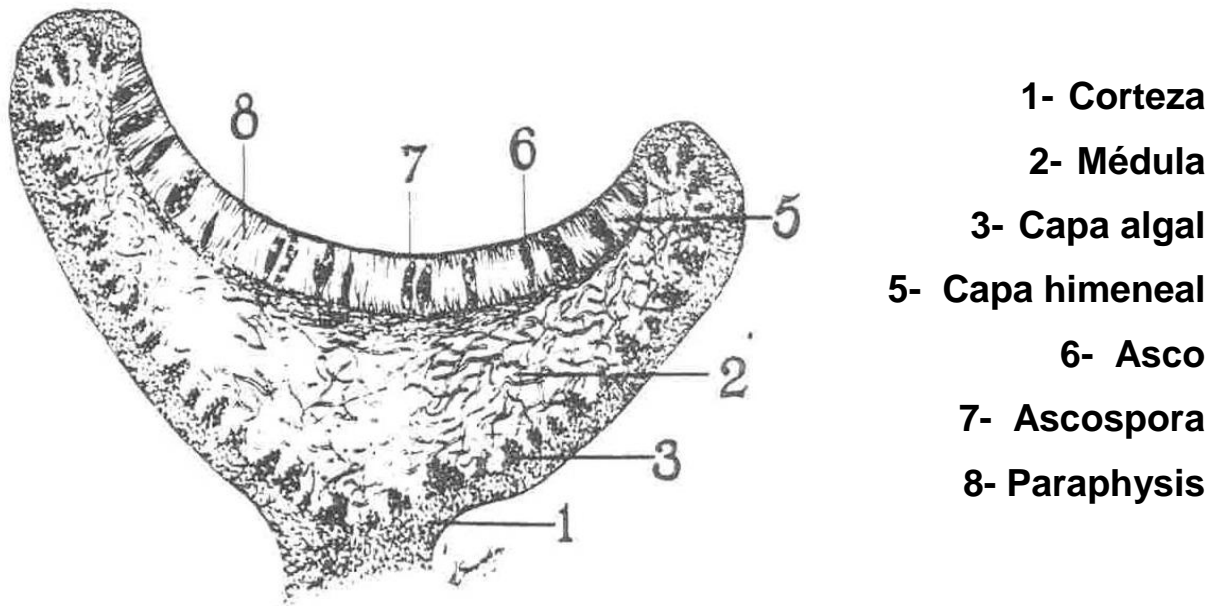
(<http://www.google.com.sv/search?q=cache:Xlcbd0jR4jwJ:www.mailxmail.com/curso/excelencia/botanica/capitulo6.htm+L%C3%ADquenes,+Morfolog%C3%ADa&hl=es>

<http://www.eco-sitio.com.ar/bioindicadores.htm>

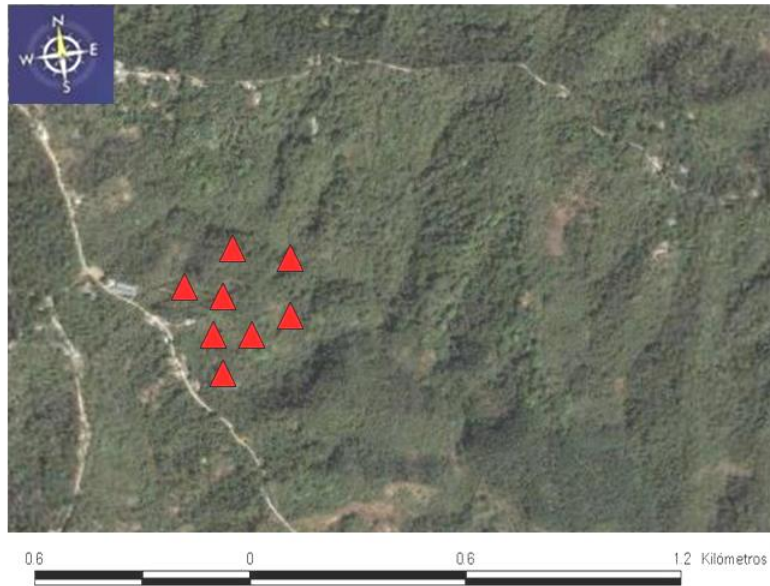
VII. ANEXOS



Anexo 1. Muestra en un corte transversal la estructura general de un líquen.

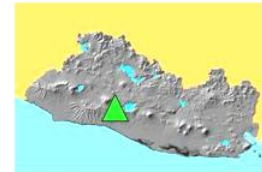


Anexo 2. Muestra corte transversal de estructura reproductora de líquen.



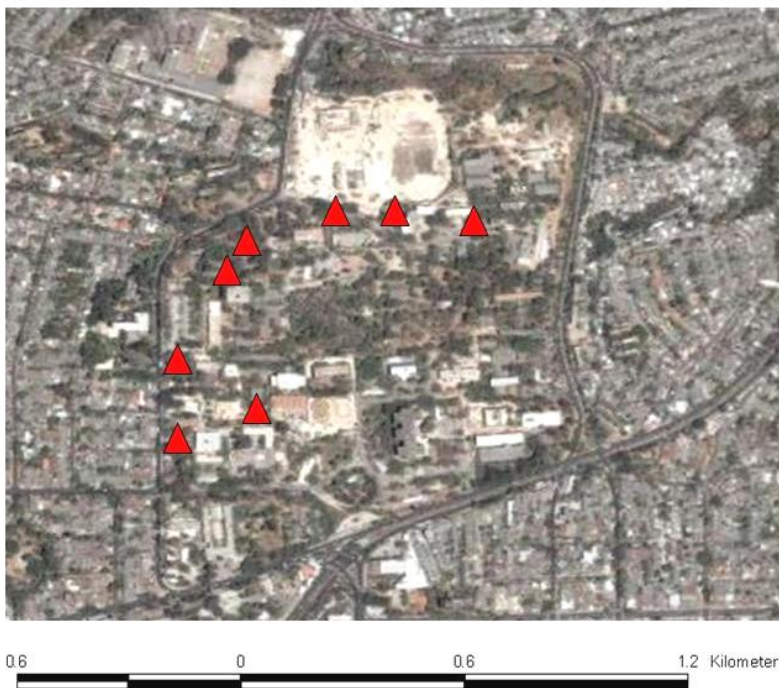
LEYENDA
 ▲ Puntos de Muestreo

Ubicación



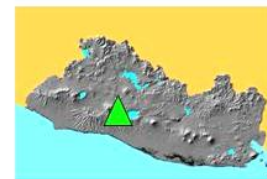
Coordenadas Lambert.
 Año: 2002.
 Fuente Google Digital Globe

Anexo 3. Distribución de puntos de muestreo ubicados en la finca la esperanza. Municipio de Santo Tomás. Departamento de San Salvador.



LEYENDA
 ▲ Puntos de Muestreo

Ubicación



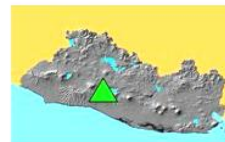
Coordenadas Lambert.
 Año: 2002.
 Fuente: Google Digital Globe

Anexo 4. Distribución de puntos de muestreo ubicados en el Campus Universitario. Departamento de San Salvador.



LEYENDA
 ▲ Puntos de Muestreo

Ubicación



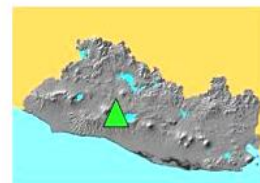
Coordenadas Lambert
 Año: 2002
 Fuente: Google Digital Globe

Anexo 5. Ubicación de puntos de muestreo en el Parque Cuscatlán. Departamento de San Salvador.



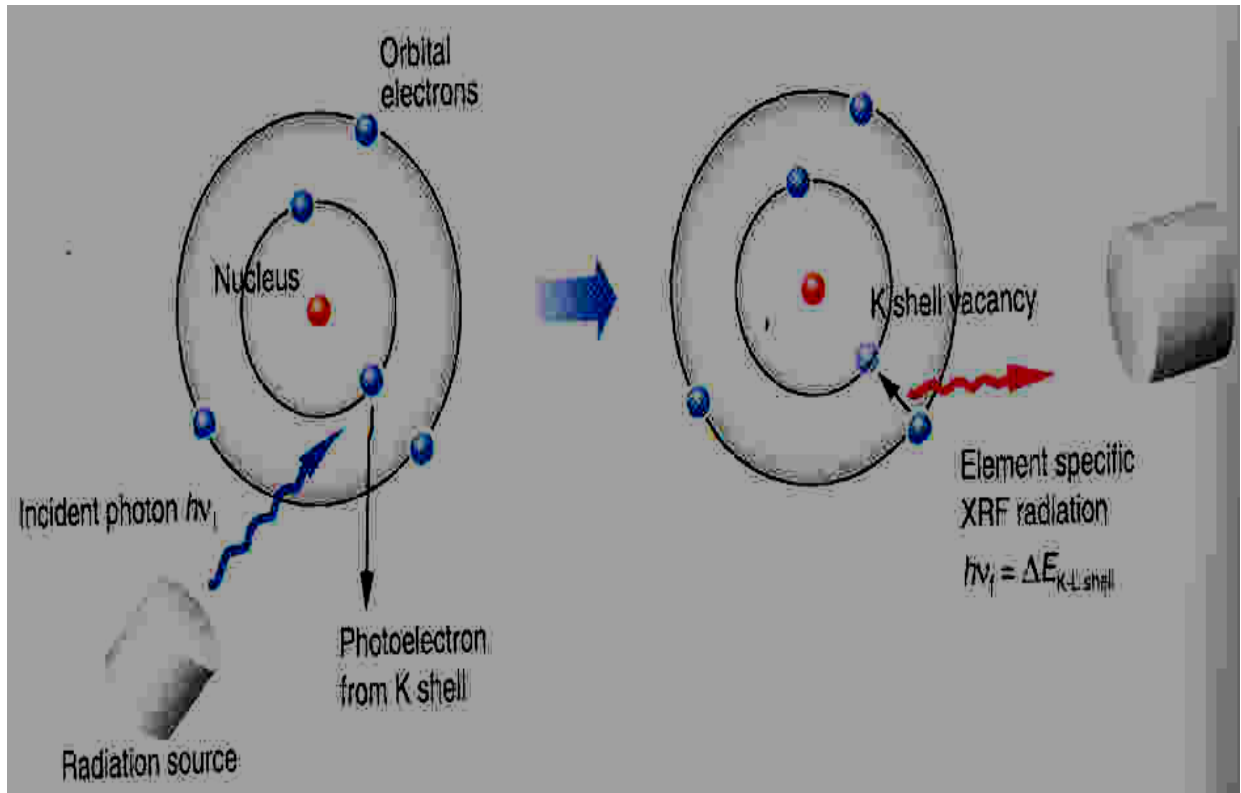
LEYENDA
 ▲ Puntos de Muestreo

Ubicación



Coordenadas Lambert.
 Año: 2002.
 Fuente: Google Digital Globe:

Anexo 6. Distribución de puntos de muestreo ubicados en la Feria Internacional. Departamento de San Salvador.



Anexo 8. Muestra las fases de fotoionización y estabilización del átomo durante el proceso de excitación de la muestra analizada.



Anexo 9. Muestra al experto José Luís Chávez realizando el proceso de identificación de líquenes



Anexo 10. Muestra la separación de líquenes en tubos de ensayo



Anexo 11. Muestra el liquen en el proceso de macerado, para preparar la solución a utilizar en el análisis.

Anexo 12. Muestra los datos individuales de metales pesados de cada muestra analizada a partir de las cuales se obtuvieron los promedios

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°1 (C1) CONC ppm * 1ª UES	
Aluminio	802.2	59.6
Silicio	245.2	41.8
Fósforo	125.4	40.2
Azufre	317.6	34
Cloro	317	27.6
Argon	358.8	21.8
Potasio	960	54.8
Calcio	5615.8	39
Escandio	< 43	---
Titanio	95.8	3.4
Vanadio	5	---
Cromo	5.8	1.2
Manganeso	21.4	1.2
Hierro	687.8	3.6
Níquel	20.8	0.8
Cobre	4.2	0.4
Zinc	7.4	0.4
Arsenico	20.4	1
Estroncio	0.6	0.2
Plomo	140	----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°1 (C1) CONC ppm *4ª UES	
Aluminio	1571.6	143.4
Silicio	263.2	26.4
Fósforo	157.4	30.6
Azufre	508.8	26.6
Cloro	< 28	-----
Argon	319.8	14.4
Potasio	1731.8	13.6
Calcio	1033.8	11
Escandio	< 18.4	-----
Titanio	89.8	2
Vanadio	< 4	-----
Cromo	< 2.8	-----
Manganeso	17.8	1
Hierro	625.6	2.4
Níquel	16.2	0.6
Cobre	2.8	0.2
Zinc	8.2	0.2
Arsenico	< 0.6	-----
Plomo	10.8	-----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°1 (C1) CONC ppm *5ª UES	
Alumínio	733.8	93.4
Silício	800.2	80.2
Fósforo	441.6	77.6
Azufre	183.4	29.2
Cloro	159.2	23
Argon	850.6	40.8
Potasio	1157.2	87.6
Calcio	7351.4	53.4
Escandio	< 55	---
Titanio	247	7.4
Vanádio	< 7.4	---
Cromo	< 4.8	---
Manganeso	17.6	2
Hierro	624.8	4.6
Cobalto	< 4	---
Níquel	33.6	1.4
Cobre	6.6	0.8
Zinc	14.2	0.8
Arsenico	< 2	----
Plomo	6	---

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°1 (C1) CONC ppm *2ª Finca	
Alumínio	896	106.2
Silício	450.8	62.8
Fósforo	456	81
Azufre	213.2	25.5
Argon	809.8	29.4
Potasio	775.2	92.8
Calcio	9661.4	63.4
Titanio	56.6	3.2
Vanádio	< 8	-----
Cromo	< 4.2	-----
Manganeso	14	1.4
Hierro	436.2	3.8
Níquel	39.4	1
Cobre	4.6	0.8
Zinc	6.4	0.6
Arsenico	< 2.6	-----
Plomo	13.6	-----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA Nº1 (C1) CONC ppm *3ª PARQUE	
Alumínio	1283.2	87.6
Silício	1499	107
Fósforo	1175.8	119.2
Azufre	1471	104.4
Cloro	576	71.2
Argon	1817.6	44.2
Potasio	2436.8	170.6
Calcio	11231.8	162.8
Escandio	< 38.8	-----
Titanio	71.6	5.2
Vanádio	< 9	-----
Cromo	10.2	2
Manganeso	22.4	1.6
Hierro	472	5.8
Níquel	50.8	1.2
Cobre	10	0.8
Zinc	20	1
Arsenico	11.2	2.6
Plomo	26.8	-----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA Nº1 (C1) CONC ppm *6ª PARQUE	
Alumínio	1755.4	453.4
Silício	959.8	249.6
Fósforo	< 575.8	----
Azufre	< 650	----
Cloro	1040	207
Argon	9176.2	240.2
Potasio	1225.6	171.8
Calcio	2600.8	900.2
Escandio	< 96.8	----
Titanio	88.2	21
Vanádio	< 41	---
Cromo	< 28.2	----
Manganeso	< 25	----
Hierro	511.6	14.6
Níquel	58.6	6.2
Cobre	34.6	4.8

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA Nº1 (C1) CONC ppm *7ª FERIA	
Alumínio	975.2	120.6
Silício	326	62.8
Fósforo	500.4	115.2
Azufre	311.2	24.6
Cloro	252.4	23.2
Argon	268.2	28.6
Potasio	1347.4	107.4
Calcio	1991.8	75.6
Escandio	< 96.6	---
Titanio	77.8	3.6
Vanádio	< 6.6	---
Cromo	< 3.4	---
Manganeso	12	1.2
Hierro	535.8	3
Níquel	18.2	0.8
Cobre	2.8	0.4
Zinc	12.8	0.4
Litrio	< 0.6	---
Plomo	5.4	---

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA Nº1 (C1) CONC ppm *8ª PARQUE	
Alumínio	1223.2	253
Silício	1090.8	135
Fósforo	469.8	134.2
Azufre	<224.4	---
Cloro	312.6	93.8
Argon	3525.4	93.6
Potasio	894.6	168.8
Calcio	14116.4	126
Titanio	44	6.8
Vanádio	<17.2	---
Cromo	<10	----
Mangneso	14.6	3
Hierro	474.6	7.2
Cobalto	<6.4	----
Níquel	37	2.2
Cobre	10.2	1.4
Zinc	20	1.8
Arsenico	<4	----
Plomo	1.6	----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA Nº1 (C1)	
	CONC ppm *9ª Feria Internacional	
Alumínio	2219.4	196.4
Silício	1618.2	153.8
Fósforo	960	162.2
Azufre	665.2	67.2
Cloro	841.6	80.4
Argon*	3255	60.4
Potasio	2191.4	88
Cálcio	14093	102.6
Titânio	59.4	6.4
Vanádio	< 12.6	----
Cromo	< 9	----
Manganéso	21.4	2.8
Hierro	475.4	6.4
Níquel	94.6	2.4
Cobre	23.8	1.6
Zinc	694	4.6
Selenio	2.4	0.6
Plomo	16.4	---

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°2 (C2)	
	CONC ppm *1b UES	
Aluminio	715.4	67.8
Silício	1083.4	107.2
Fósforo	737.4	98.8
Azufre	287	29.2
Cloro	156.4	36.4
Argon	1267	29.4
Potasio	1629.6	114
Calcio	9599.4	71.4
Titânio	77.6	4.6
Vanádio	< 7.6	---
Cromo	32.4	2.6
Manganeso	22	2.4
Hierro	713.4	6
Níquel	32.2	1.8
Plomo	13.6	----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°2 (C2)	
	CONC ppm *4b UES	
Alumínio	5012.2	472.4
Silício	4753.8	345.4
Fósforo	3824.8	340.8
Azufre	3606.4	347.4
Cloro	2161.8	309
Argon	12310.8	279.8
Potasio	10066.8	194.4
Calcio	10170.8	177.8
Titanio	457	29.8
Vanádio	< 50	----
Cromo	<36	---
Manganeso	163.8	12.6
Hierro	4837.6	56.8
Níquel	393.2	10.6
Cobre	120.6	6.4
Zinc	213	8.6
Arsenico	24.6	7.2
Plomo	30	----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°2 (C2) CONC ppm *2b Finca la Esperanza	
Aluminio	2303.8	92
Silicio	3084	141.4
Fósforo	866.4	112.2
Azufre	362.2	41
Cloro	< 80	---
Argon	840.2	19.4
Potasio	1283.6	41.6
Calcio	10200.4	56
Titanio	90.4	3.8
Vanádio	<8	---
Cromo	< 4.8	---
Manganeso	27.4	1.8
Hierro	725	5.4
Níquel	35.8	1
Zinc	15.2	1.2
Plomo	72	----

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°2 (C2) CONC ppm *3b Parque Cuscatlan	
Aluminio	729.4	71.4
Silicio	766.6	48
Fósforo	475	83
Azufre	203.8	20.2
Cloro	< 41.8	---
Argon	342	20.6
Potasio	1163	76.6
Calcio	8715.4	46.8
Escandio	143	3.8
Titanio	< 9.8	---
Vanádio	<4.4	---
Cromo	23.8	2
Manganeso	1081.4	4.4
Hierro	28.2	1.2
Níquel	3.8	0.6
Cobre	16	0.6
Zinc	<1.8	---
Arsenico	< 1.8	---
Plomo	15	----

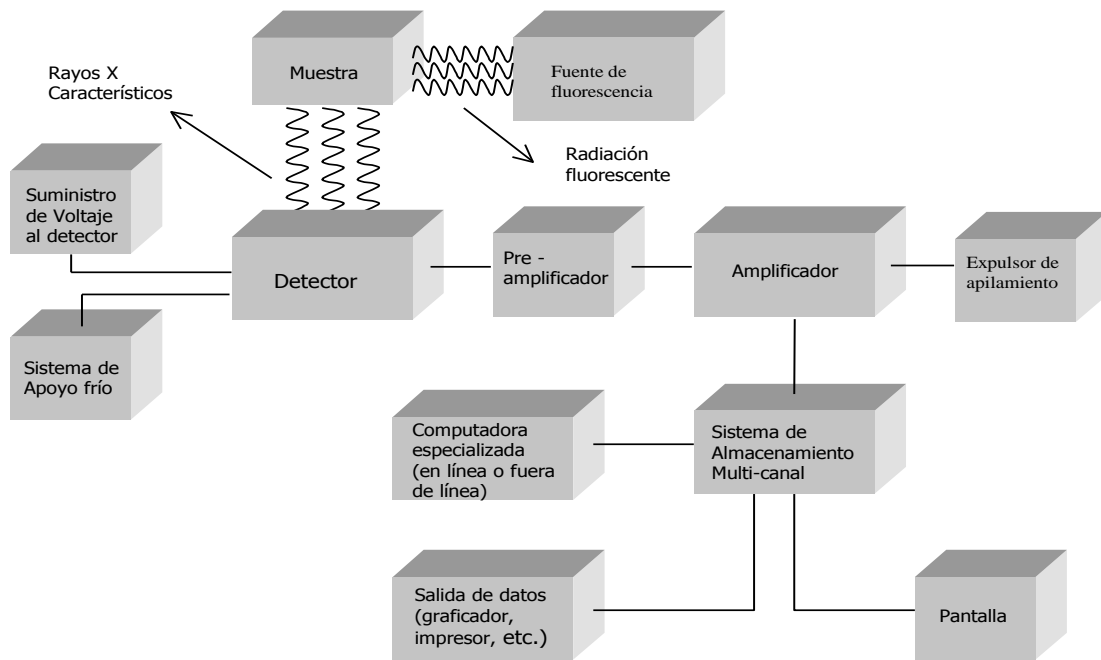
ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°2 (C2) CONC ppm *5b UES	
Silício	1055.8	65.6
Fósforo	973.4	61.2
Azufre	1112	49
Cloro	145.4	26.6
Argon	929	18.6
Potasio	1612	61.2
Cálcio	4990	61.8
Titânio	43.4	2
Vanádio	<3.8	---
Cromo	<2.4	---
Manganéso	14.2	1.2
Hierro	423.2	3
Níquel	34.8	0.6
Cobre	4.8	0.2
Zinc	26.2	0.4
Arsenico	<21.2	---
Plomo	10	--

ELEMENTO PRESENTE	COLECTA N°2 (C2) CONC ppm *6b Feria Internacional	
Aluminio	1237.6	238.2
Silício	11457.4	916
Fósforo	7431.8	1261
Azufre	3348.6	304.4
Argon	11779	390.4
Potasio	9844.8	1245.2
Cálcio	135958.8	857.6
Escandio	<1081.2	---
Titanio	552.2	44.2
Vanádio	< 57	----
Cromo	< 58.4	---
Manganéso	102.6	12.4
Hierro	4965	36.6
Níquel	269.4	9.2
Cobre	97.8	6.2
Zinc	120.2	6.4
Arsenico	<11.2	---
Plomo	4	---

***: A Y B corresponden a los codigos utilizados para la identificación durante la fase de laboratorio de las muestras de cada lugar de muestreo.**

C1: Colecta 1, época seca.

C2: Colecta 2, época lluviosa.



Anexo Nº 13. Diagrama de bloques del montaje experimental para realizar la técnica de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total.