



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Instituto de Biología

COMPARACIÓN DE LA ZONACIÓN ALTITUDINAL
DE LOS LÍQUENES FOLÍICOLAS EN LOS VOLCANES
SAN MARTÍN TUXTLA Y SANTA MARTA,
LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

BIÓL. ALEJANDRINA BARCENAS PEÑA

**DIRECTOR DE TESIS: DRA. MARÍA DE LOS ANGELES
HERRERA CAMPOS.**

MÉXICO, D. F.

AGOSTO, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RECONOCIMIENTO

Al apoyo recibido del Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología CONACYT a través de una beca de Maestría. Asimismo a la Dirección General de Estudios de Posgrado DGEP por la beca complemento otorgada durante la realización de este trabajo.

A los honorables miembros del Comité Tutorial:

Dra. María de Los Angeles Herrera Campos.

Dr. Robert Lücking.

Dr. Rodolfo Dirzo Minjarez.

CON MUCHO CARIÑO:

*A JUAN Y JUAN MANUEL POR SER LOS PILARES
DE MI VIDA.*

*A MI MADRE CAMILA Y MI ABUELITA GLORIA,
QUE VIVIRÁN SIEMPRE EN MI CORAZÓN.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a los directores de esta tesis, la Dra. María de Los Angeles Herrera Campos y el Dr. Robert Lücking, por brindarme los fundamentos para tener una buena formación profesional y por su asesoría para realizar este trabajo.

Al Doctor Rodolfo Dirzo Minjarez, la Doctora Rosa Emilia Pérez Pérez y el Doctor Joaquín Cifuentes Blanco por la revisión y corrección de esta tesis.

Al Laboratorio de Líquenes del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por proporcionar la infraestructura requerida para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Biólogo Álvaro Campos por su apoyo en el campo y por la orientación para la identificación de las plantas, al Dr. Kromer y al señor Eladio Velasco por su ayuda en el campo, a la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas del Instituto de Biología UNAM y al Doctor Martin Ricker por las facilidades otorgadas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la beca de Maestría en Ciencias Biológicas.

A Juan por su apoyo y comprensión en los momentos difíciles y a Juanito por ser la razón de mi vida.

CONTENIDO

PÁGINA

| | |
|---|----|
| RESUMEN | i |
| 1.- INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 BIOLOGÍA DE LOS LÍQUENES FOLÍCOLAS..... | 2 |
| 2.- OBJETIVOS | 4 |
| 3.- ANTECEDENTES | 5 |
| 4.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 6 |
| 5.- MATERIALES Y MÉTODOS | |
| Trabajo de campo..... | 9 |
| Trabajo de laboratorio..... | 11 |
| Análisis de datos..... | 11 |
| 6.- RESULTADOS | |
| 6.1 Parámetros ambientales..... | 14 |
| 6.2 Diversidad y frecuencia de las especies de líquenes folícolas por muestras..... | 18 |
| 6.3 Composición de especies de líquenes folícolas con respecto a la altitud..... | 26 |
| 6.4 Diversidad de las especies de líquenes folícolas con respecto a las familias de forofitos | 29 |
| 7.- DISCUSIÓN | 33 |
| 8.- CONCLUSIONES | 36 |
| 9.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |
| 10.- APÉNDICES | 44 |

1.- INTRODUCCIÓN

Los líquenes son organismos simbióticos compuestos de una parte fúngica, el micobionte (Ascomycota o Basidiomycota) y una o más partes fotosintéticas que pueden ser algas verdes, marrones y/o cianobacterias (Nash, 1996; Hale, 1974; Brodo *et al.*, 2001). En la naturaleza, los líquenes participan en los procesos de sucesión, fijación de nitrógeno atmosférico y absorción de fósforo y azufre; son utilizados por mamíferos, aves e insectos como alimento, en la construcción de sus nidos y camuflaje (Sutton, 1996). El hombre los usa como alimento, para la tinción de telas y fabricación de antibióticos, entre otros usos.

La aplicación más importante, de los líquenes en general, es su uso como biomonitores de la calidad del aire (Hawksword *et al.*, 1973) e indicadores de la continuidad ecológica (en el trópico en el caso de los líquenes folícolas), en relación a las perturbaciones en los bosques (Steven *et al.*, 1995), con la finalidad de saber si la cubierta forestal se ha mantenido en un sitio por un largo periodo de tiempo, debido a la biología y tasas de crecimiento de los líquenes y también a las condiciones ecológicas extremadamente precisas que requieren algunas especies para vivir (Coppins y Coppins, 2002). Diversos estudios reportan que algunas especies liquénicas particularmente sensibles pueden desaparecer permanentemente de un lugar después de una interrupción drástica en la continuidad de su hábitat debida, por ejemplo, a los efectos de tala, de la explotación forestal o del fuego (Rose, 1992; Wolseley, 1991; Zambrano *et al.*, 2000).

En regiones neotropicales Lücking (1997, 1998a, 1999a) ha demostrado que los líquenes folícolas tienen un gran potencial como indicadores de biodiversidad, de la dinámica de la vegetación, de la altitud, del grado de perturbación y del microclima, debido a que presentan varios atributos como son la alta diversidad, la susceptibilidad a factores microclimáticos y el desarrollo rápido de las comunidades. Asimismo el estudio ecológico de los líquenes folícolas puede revelar diversos estados de conservación y deterioro con detalles que las plantas vasculares no ofrecen en la selva alta perennifolia (Lücking, 1995). En México, el estudio de estos organismos es muy reciente y ha abarcado los trabajos de Herrera-Campos y Lücking (2002), Herrera-Campos *et al.*, (2004a) y Herrera-Campos *et al.* (2004b) en la selva alta perennifolia de la Reserva de la Biósfera Sierra de Los Tuxtlas, la cual en México es la más

septentrional de América (Dirzo y Miranda, 1991). Esta ubicada en la región costera montañosa de Los Tuxtlas en el estado de Veracruz y ha sido descrita como una de las regiones con mayor riqueza de especies y endemismos, lamentablemente la mayoría de la selva ya ha sido talada (Barrera-Bassols, 1995), sin embargo todavía quedan algunas áreas importantes, tal es el caso de los volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta (Dirzo, 1991).

A pesar que esta región es una de las áreas más estudiadas en el país, todavía existen varios grupos de organismos prácticamente desconocidos como los líquenes folícolas, por lo que es importante conocer la flora liquénica de estos volcanes, para saber más sobre el estado del ecosistema y contribuir a su conservación. Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se da continuidad a un estudio previo realizado en la vertiente oeste del volcán San Martín Tuxtla en el que se advirtió la alta diversidad de especies de líquenes folícolas en la zona (Bárceñas Peña, 2004). Por tal motivo se decidió explorar la falda contraria del mismo volcán y realizarlo análogamente en el volcán Santa Marta, de esta forma el presente trabajo es pionero en el estudio de los líquenes folícolas en México, contribuyendo así al conocimiento de su diversidad y de su utilidad como indicadores de la zonación altitudinal en la selva alta perennifolia.

1.1 Biología de los Líquenes Folícolas

Los líquenes folícolas crecen sobre la superficie superior (epífilos) o en la superficie inferior (hipófilos) de las hojas de las plantas vasculares, usualmente sobre la cutícula (supracuticulares) y en algunos casos entre la cutícula y la epidermis (subcuticulares). Son folícolas obligados aquellos que están confinados a las hojas y excepcionalmente viven en otro ambiente, mientras que son folícolas facultativos los que usualmente ocurren en otros sustratos y que ocasionalmente se encuentran en las hojas (Santesson, 1952). En la selva alta perennifolia existe una liquenoflora folícola muy abundante que ocupa un nicho que también es explotado por plantas y hongos no liquenizados, en el cual, al ser de permanencia relativamente corta, los líquenes folícolas son capaces de completar su ciclo de vida entre el nacimiento y la muerte de la hoja usando los limitados recursos presentes. El tamaño de los talos y el rápido crecimiento de estos líquenes indican que tienen las estrategias más extremas de

sobrevivencia (competencia y tolerancia al estrés por la luz y humedad) que el resto de los líquenes (Rogers, 1989).

El talo de los líquenes folícolas mide escasos micrómetros de grosor y generalmente menos de 15 milímetros de diámetro, generalmente es costroso, adherido al sustrato directamente a través de la médula, continuo o disperso, liso, con estrías, verrugas, puntos negros y/o setas negras o blancas, sus colores pueden variar en diferentes tonos de verde. Se observan dos tipos de ascomas apotecios y peritecios. Los primeros pueden ser sésiles, completamente aplanados, con o sin algas en el margen, circulares y/o en forma de lirelas. Los peritecios pueden ser subglobosos, hemisféricos, cónicos, lenticulares y/o verruciformes, inmersos o prominentes en el talo. Las ascas varían de unitunicadas, anelascáceas a fisitunicadas y en algunas especies poseen en la parte apical (tolo) liquenina. Las esporas más frecuentes son fusiformes, con una o dos celdas, polariculares, muriformes, en forma de aguja, con o sin halo.

Por otro lado, la reproducción asexual es frecuente en los líquenes folícolas y se realiza a través de estructuras características de este grupo como los campilidios, hifóforos y picnidios, sin embargo también son frecuentes los soledios e isidios. Los fotobiontes más comunes en este grupo son las algas verdes *Trebouxia* y *Trentepohlia* y las cianobacterias *Nostoc* y *Scytonema*; el arreglo de las células fotosintéticas en el talo puede ser radial o irregular.

RESUMEN

En los trópicos, los líquenes folícolos poseen un alto potencial como bioindicadores de microclima, estacionalidad, disturbios antropogénicos y zonación altitudinal. La región tropical mexicana, la Sierra de Los Tuxtlas, en el estado de Veracruz representa el límite extremo septentrional del bosque tropical perennifolio en el continente americano. Las elevaciones más conspicuas de esta sierra son el volcán San Martín Tuxtla (1580 m) y el volcán Santa Marta (1720 m), mismos que constituyen las áreas de estudio del presente trabajo, en el cual los líquenes folícolos se utilizaron como indicadores de la zonación altitudinal de la vegetación.

Se analizó la composición de especies y el porcentaje de los taxa endémicos a lo largo de 4 gradientes altitudinales (cada 100 m) en las vertientes este y oeste de cada volcán; encontrándose en ambos una alta diversidad de especies de líquenes folícolos pero un bajo porcentaje de endemismo.

En cada nivel altitudinal fue evaluado el efecto de la luz y de la humedad en la composición de especies, observándose una correlación directa entre las tres variables ambientales, que a su vez determinan la diversidad de especies. Asimismo, se estudió la correlación entre las especies de líquenes folícolos y los forofitos donde crecen; observándose diferencias en la diversidad de especies de líquenes entre los forofitos, lo cual indica que algunas de ellas son significativamente más comunes sobre ciertas familias de plantas vasculares.

Los valores más altos de diversidad de líquenes folícolos se encuentran en las altitudes más bajas de ambos volcanes, sin embargo se detectó un cambio significativo en la composición de las especies a los 1400 m en el lado oeste y a los 1500 m en el este del volcán San Martín Tuxtla; mientras que en el volcán Santa Marta dicha diferencia ocurrió a los 1500 m. La variación en la composición de especies de líquenes folícolos coincidió con cambios en el tipo de vegetación y en el microclima. La diferente altitud a la que ocurre se explica por el “efecto de elevación de masas”, el cual señala que a lo largo de un transecto altitudinal de una montaña baja, los mismos tipos de vegetación ocurren en altitudes relativamente más bajas comparado con una montaña alta. Algunos de los factores que caracterizan el efecto de elevación de masas son la acumulación de

nubes y neblina en las partes altas de las montañas, el efecto del aire proveniente del mar, el empobrecimiento de la fertilidad del suelo con la altitud, mientras que la disminución de la temperatura no juega un papel importante. Las principales consecuencias del efecto de elevación de masas en la vegetación son la reducción de la estatura, cambios en la dispersión y la nutrición mineral, la biomasa, la productividad y el tiempo de vida de las hojas.

Finalmente, se elaboró una lista florística de 157 especies de líquenes folícolas, de las cuales 122 se encontraron en el volcán San Martín Tuxtla, agrupadas en 30 géneros, 13 familias y 5 órdenes, dichas especies se identificaron en 23 familias de plantas vasculares, mientras que en el volcán Santa Marta el inventario reveló 114 especies de líquenes folícolas en 29 géneros, 14 familias y 6 órdenes identificados en 32 familias de plantas.

ABSTRACT

In the tropics, foliicolous lichens possess a high potential as bioindicators of microclimate, seasonality, anthropogenic disturbances and altitudinal zoning. The Mexican tropical region of Sierra de los Tuxtlas in the state of Veracruz is the northernmost limit of the rain forests in America. The most conspicuous elevations are San Martin Tuxtla (1580 m) and Santa Marta (1720 m) volcanoes, which constitute the study areas of this work, where foliicolous lichens were utilized like indicators of the altitudinal zoning of the vegetation.

Species composition was analyzed and the percentage of endemic taxa was estimated along four altitudinal gradients (each 100 m) in the east and west slopes of each volcano; finding in both orientations a high diversity of species of foliicolous lichens and a low percentage of endemics.

The effects of light intensity and humidity on the species composition were evaluated at each altitudinal level, a direct correlation among the three environmental variables was observed, which in turn determine the species diversity. Likewise, the correlation between the foliicolous lichen species and the phorophytes at which they grow was studied. Significant differences were found in the lichen species diversity among the phorophytes, which indicate that some of them are more common on certain families of vascular plants.

The highest values of diversity of foliicolous lichens were found in the lowest elevations at both volcanoes; however a significant change in the species composition was detected at 1400 m and at 1500 m on the west and east sides of San Martin Tuxtla volcano, respectively; while in Santa Marta volcano the differences in species composition occurred around 1500 m on both slopes. The variation in foliicolous lichen species composition coincided with changes in the vegetation type and microclimate. The different altitudes at which these changes occur is explained by the "mass elevation effect", which indicates that along an altitudinal transect of a low mountain, the same types of vegetation occur at relatively lower altitudes compared with a high mountain. Some of the factors that characterize the "mass elevation effect" are cloud and fog accumulation at the high parts of the mountains, the effect of the sea originated air and

the impoverishment of soil fertility with the altitude; while the decrease in temperature does not play a significant role. The main consequences of the “mass elevation effect” in vegetation are the reduction of height, changes in dispersal and mineral nutrition, biomass, productivity and the lifespan of the leaves.

Finally, a checklist of 157 foliicolous species is presented, 122 from San Martin Tuxtla volcano, grouped in 30 genera, 13 families and 5 orders, these species were collected in 23 families of vascular plants. From Santa Marta volcano the inventory revealed 114 species of foliicolous lichens in 29 genera, 14 families and 6 orders on 32 families of plants.

2.- OBJETIVOS

Analizar la composición de especies de líquenes folícolas a cada nivel altitudinal a lo largo de cuatro gradientes (cada 100 m) sobre las vertientes este y oeste de los volcanes San Martín Tuxtla y San Marta, en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz.

Estimar la diversidad y porcentaje de los taxa endémicos para ambos volcanes; el efecto de la luz y la humedad en la composición de especies en cada nivel altitudinal y la relación entre las especies de líquenes folícolas y los forofitos donde crecen.

Elaborar una lista florística de los líquenes folícolas e incrementar la colección de líquenes en el Herbario Nacional MEXU.

3.- ANTECEDENTES

El estudio de los líquenes en México, aunque es limitado, se ha enfocado principalmente a los macrolíquenes (Guzmán-Dávalos y Álvarez, 1987; Álvarez y Guzmán-Dávalos 1988, 1993; Clerc y Herrera-Campos, 1997; Herrera Campos *et al.*, 1998), se cuenta con un catálogo preliminar de las especies liquénicas mexicanas (Ryan *et al.*, 1996) y una lista preliminar de los líquenes de Chiapas, la flora liquénica del Desierto Sonorense (Nash *et al.*, 2002, 2004), y un inventario de la Sierra de Juárez en Oaxaca (Pérez-Pérez y Herrera-Campos, 2004). Sin embargo pese a que en México pueden existir entre 3000 y 4000 especies de líquenes (Aptroot y Sipman, 1997), aún no existen inventarios sistemáticos completos (Herrera-Campos y Nash III, 2000).

En el caso de los líquenes folícolas, diversos estudios sobre taxonomía y ecología han sido realizados en Guatemala (Barrillas y Lücking, 1992), Costa Rica (Lücking, 1995), Brasil (Cáceres *et al.*, 2000), Ecuador y Guyana (Lücking, 1998b y 1999b), pero con respecto a México en la monografía mundial de líquenes folícolas de Santesson (1952) se mencionan sólo 17 de especies. Sin embargo hasta la fecha se han identificado 293 especies de líquenes folícolas (Herrera-Campos y Lücking, 2003; Herrera-Campos *et al.*, 2004b), ya que en el Laboratorio de Líquenes del Instituto de Biología-UNAM se desarrolla un programa para dar cuenta de la diversidad de los líquenes folícolas de México y sus implicaciones ecológicas y de conservación. Dentro de este programa se realizó un estudio en el volcán San Martín Tuxtla, Veracruz, en donde se encontró a los 1350 msnm un cambio significativo en el tipo de vegetación y microclima observándose una disminución de la diversidad de especies de líquenes folícolas por arriba de esta altitud (Bárceñas Peña, 2004). En dicho trabajo también se encontraron once especies de líquenes folícolas nuevas para la ciencia y siete endémicas al volcán (Bárceñas Peña, 2004, Herrera-Campos *et al.*, 2004a).

4.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el volcán San Martín Tuxtla y el volcán Santa Marta, ambos se encuentran dentro de la región de los Tuxtlas que representa la extensión más oriental del Eje Volcánico Transversal, incrustada en la llanura costera del Golfo de México. Está constituida de cráteres pequeños, los más conspicuos de éstos son el volcán San Martín Tuxtla (1680 m), el Santa Marta (1720 m) y el San Martín Pajapan (1245 m) (Dirzo *et al.*, 1997). El macizo montañoso se encuentra fragmentado en dos porciones: el volcán San Martín Tuxtla (SMT) al NW y al SE la Sierra de Santa Marta, separadas por el Lago de Catemaco (Fig. 1).

La región de Los Tuxtlas se encuentra dentro de las corrientes de los vientos alisios, pero en algunas temporadas del año dominan vientos con dirección norte, además de los vientos provenientes del golfo de México (Soto *et al.*, 1997). La zona es afectada por los ciclones tropicales y los nortes. La temperatura media anual es de 26°C, mientras que en la parte alta de la sierra desde los 1600 m la temperatura es de 18°C. De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen, modificado por García (1973), están presentes los tipos de clima cálido A y el subgrupo semicálido A(C). Considerando la forma en que se distribuye la precipitación o régimen de lluvias en el año, se presentan cinco subtipos de clima A y uno A(C) que corresponden tanto a húmedos como a subhúmedos (Soto *et al.*, 1997).

El volcán San Martín Tuxtla (Fig. 2a) se localiza al norte de San Andrés Tuxtla, entre los 18°10' y 18°45' de latitud norte y los 94°42' y 95°27' de longitud oeste rodeado por volcanes monogenéticos pequeños, entre los que sobresale por su altura y lo cubre una vegetación abundante de selva alta perennifolia (Martín Del-Pozzo, 1997). Otros ecosistemas que sobresalen en la región son las variantes de la selva alta perennifolia sobre pedregal, la selva de altura de Liquidámbar, la selva baja perennifolia, la selva con encinos y las comunidades antropogénicas, principalmente los potreros y los acahuals (Dirzo *et al.*, 1997).

El volcán Santa Marta (Fig. 2b) se encuentra entre los paralelos 18°08' y 18° 45' y los meridianos 94°35' y 95°02' dentro de la Sierra de Santa Marta, la cual ocupa una superficie aproximadamente de 400 km y sus elevaciones más importantes, después del

volcán Santa Marta, son el Cerro Campanario (1145 m) y el volcán San Martín Pajapan (1180 m) (Lira *et al.*, 1984; Pare *et al.*, 1997; Ramírez, 1999). La sierra se originó en una gran actividad volcánica que se inició en el Terciario y continuó durante el Plio-Pleistoceno; está cubierta por depósitos piroclásticos y lava basáltica, andesitas antiguas, pizarras, calizas, areniscas y lutitas. Presenta una topografía de relieve complejo, accidentado y de gran amplitud altitudinal (Gómez-Pompa, 1978; Ramírez, 1999). El tipo de vegetación existente en la vertiente norte del volcán Santa Marta es selva alta perennifolia (200-600 m), a mayores altitudes (700-1000 m) se mezcla con el bosque caducifolio. En la vertiente sur (400-600 m) se presenta un encinar mezclado con pinar, que da paso a la selva alta de Liquidámbar (800-1000 m) y en las partes altas (1100-1400 m) selva baja perennifolia (Lira *et al.*, 1984).

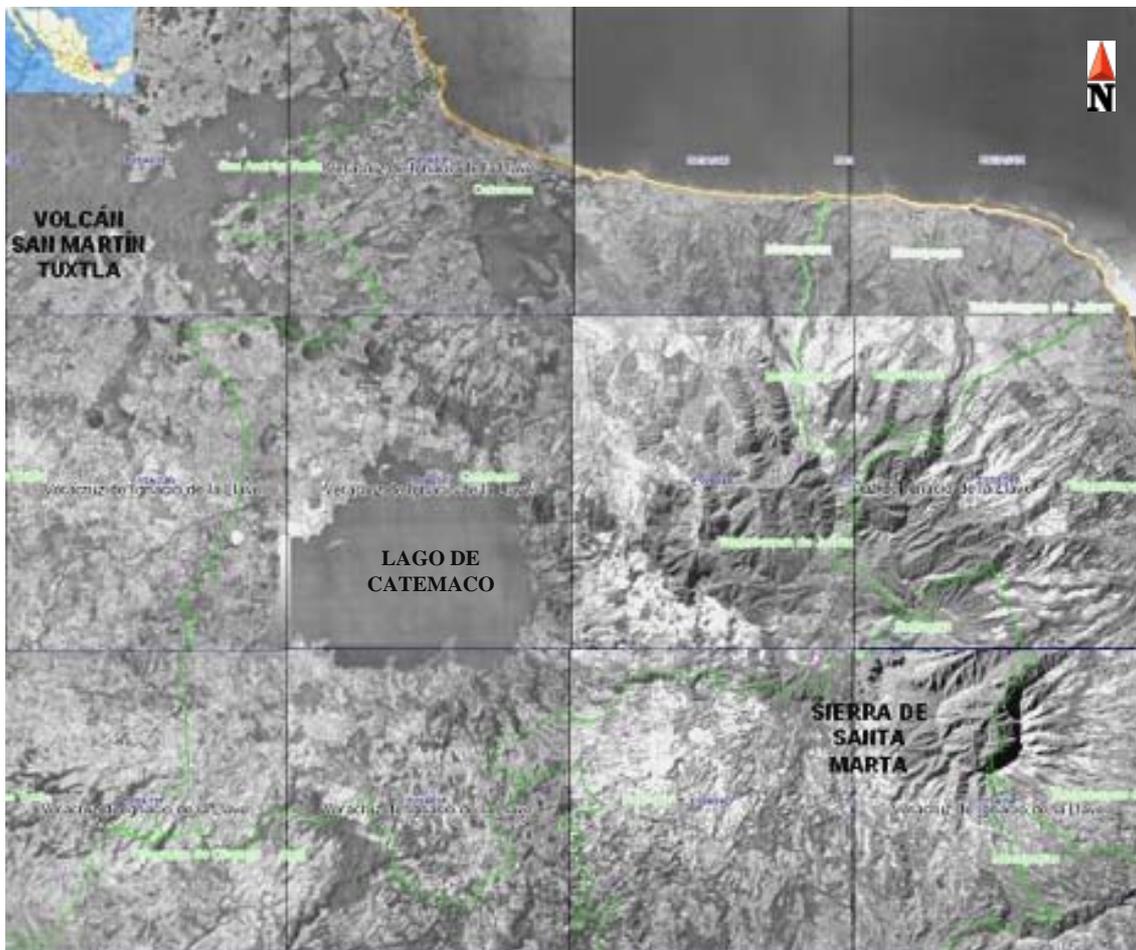


Figura: 1. Ubicación geográfica de los volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta. Ortofotos con escala 1:20000 y resolución de tres metros. Fuente INEGI.



(a)



(b)

Figura 2. Vista del este del volcán San Martín Tuxtla (a) y del oeste del volcán Santa Marta (b), observados desde los potreros a 900 m de altitud. Noviembre/2005.

5.- MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo:

1.- En tres salidas al campo en mayo y noviembre del 2005 y en mayo del 2006, se siguió el siguiente procedimiento para conocer la composición de especies de líquenes folícolos:

a) En el volcán San Martín Tuxtla la recolección de los líquenes folícolos se hizo a cada 100 m de altitud de los 800 m a los 1560 m en la vertiente oeste y entre los 900 hasta los 1500 m en la vertiente este.

b) En el volcán Santa Marta la recolección de líquenes folícolos se hizo también a cada 100 m desde los 1100 hasta los 1500 m en la vertiente oeste y desde los 800 hasta los 1600 m en la vertiente este. Se debe aclarar que la recolección en ambos volcanes se comenzó a diferente altitud debido al grado de perturbación de la vegetación de cada vertiente.

2.- En cada punto de muestreo, se seleccionaron al azar diez especies de forofitos con presencia conspicua de líquenes folícolos entre las especies de plantas vasculares más comunes. En cada uno de tres individuos diferentes de la misma especie se recolectó una hoja madura (en adelante esto se toma como una muestra), haciendo un total de 900 hojas.

2.1.- Las hojas a estudiar se recolectaron en sotobosque y subdosel. Las plantas que estaban presentes en varios puntos de muestreo fueron siempre recolectadas aunque no se detectara presencia de líquenes folícolos. Las hojas se prensaron y ordenaron en el campo, de acuerdo con el procedimiento de rutina para plantas vasculares.

3.- Para la determinación del hospedero se recogieron ejemplares de cada planta (en las que se recolectaron las hojas) según la técnica para plantas vasculares.

4.- Se colocaron dos evaporímetros Piche (Lücking, 1998a) en cada punto de muestreo durante ocho días en temporada lluviosa y cuatro días en temporada seca para obtener el

promedio de evaporación en el ambiente (Fig. 3). La diferencia de días en que permanecieron los evaporímetros en cada temporada se debió a que en la época lluviosa la evaporación es casi nula, por lo que se decidió medir por más tiempo para tener una lectura confiable; mientras que en la época seca la evaporación es muy alta y cuatro días fue suficiente. Los evaporímetros fueron colocados simultáneamente con un día de diferencia entre ambos volcanes. Este método de medición es adecuado porque no se trata de hacer un estudio sobre fotosíntesis o fisiología de plantas o de líquenes, sino de caracterizar de forma general un micrositio y hacer una comparación relativa entre los micrositios (Bannister, 1986; Messing, 1998), y las mediciones que se obtienen son a mediano plazo. Las diferencias entre los puntos de medición no cambian significativamente si se mide por más tiempo, aunque los promedios por sitio podrían variar ligeramente, lo que no es relevante ya que en este caso no se pretende medir cuál es la evaporación absoluta en un punto, sino saber cuál punto tiene más evaporación que otro.



Figura 3. Fotografías que muestran como fueron contruidos y colocados los evaporímetros Piche para medir la evaporación en el ambiente.

5.- La medición de la luz se realizó de acuerdo con las categorías de Lücking (1997) asignando valores cualitativos a la vegetación, atendiendo a la incidencia de luz en cada punto o “diffuse site factor” (Anderson, 1964): 1= (0-2 %) sombreado, 2= (2-5 %) transición a un espacio de luz, 3= (5-10 %) intermedio de luz. 4= (10-30 %) transición a dosel. 5= (30-100 %) dosel.

Trabajo de laboratorio:

1.- La identificación de las especies de líquenes folícolas se realizó a través de la observación de caracteres anatómicos, morfológicos y químicos, utilizando diferentes fuentes bibliográficas (Santesson, 1952; Lücking, Herrera-Campos y Colín. en prep., Lücking y Colín, 2004; Farkas y Sipman, 1993; Ferraro y Lücking, 1997; Lücking y Santesson, 2001). Los caracteres que se tomaron en cuenta para la identificación fueron: tipo de talo, los ascomas, las ascas y las esporas, las estructuras de reproducción asexual, el tipo de fotobionte y los metabolitos secundarios detectados por pruebas de tinción con I y KOH.

2.- Las muestras se depositaron en la Colección de Líquenes en el Herbario Nacional (MEXU).

3.- Se identificó cada una de las especies de plantas vasculares en las que se recolectaron las hojas.

Análisis de datos:

1.- Parámetros ambientales: En temporada seca y lluviosa la correlación entre la altitud y los otros parámetros ambientales (evaporación y luz) fue estimada utilizando el coeficiente de correlación de Spearman. Posteriormente se correlacionó el número de especies y la altitud.

2.- Diversidad y frecuencia de especies líquenicas por muestra: Se elaboró una lista de las especies de líquenes folícolas identificadas y se calculó el porcentaje de “endemismo” para cada volcán.

A partir del total de especies identificadas se calculó:

a) Diversidad: Se obtuvo sumando el número de especies en cada muestra, posteriormente se estandarizó los datos y se obtuvo su representación en escala logarítmica base 10 para conocer si existe una log normal y por lo tanto se trata de una población con distribución normal (Putman, 1994).

b) Frecuencia: Dicha frecuencia indica en cuántas muestras estuvo presente una especie, además se obtuvo su representación logarítmica de la misma forma que para la diversidad en el inciso a.

3.- Composición de especies de líquenes folícolas con respecto a la altitud: Se determinó siguiendo dos métodos:

a) Diversidad beta: Se calculó entre cada segmento altitudinal con el índice de similitud de Sørensen:

$$S = 2 n_{a+b} / (n_a + n_b)$$

Donde: S = índice de similitud (con valores entre 0 y 1).

$2 n_{a+b}$ = número de especie de líquenes folícolas en común entre dos forofitos a y b.
 $(n_a + n_b)$ = número de especies de líquenes folícolas presentes en los forofitos a y b respectivamente.

b) Análisis de ordenación por escala multidimensional no métrica NMS (Non-metric Multidimensional Scaling): Para conocer la distancia entre la similitud en la composición de especies entre segmentos altitudinales en cada volcán y señalar una tendencia de los valores correlacionados con los parámetros ambientales (altitud, luz y evaporación), usando el índice de similitud de Sørensen (basado en presencia-ausencia de especies).

4.- Diversidad de las especies de líquenes folícolas con respecto a las familias de forofitos:

a) Diversidad de especies de líquenes folícolas por familia de forofito: Se calculó sumando el número de especies folícolas en cada familia. También se elaboró una lista de las familias de forofitos y el número de especies de folícolas encontradas en ellas.

b) Análisis de Chi²: Para determinar si existe preferencia de los líquenes por algunas familias de forofitos.

c) Análisis de conglomerados: Para conocer cuáles son las familias por las que existe preferencia utilizando en el índice de similitud de Sørensen.

d) Análisis de ordenación NMS: Se realizó adicionalmente este análisis, el cual se basa en los mismos datos del análisis de cluster.

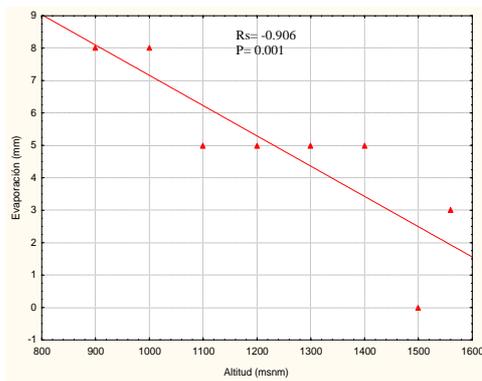
Todos los análisis fueron realizados en los programas Excel, STATISTICA 6.0, PC-ORD 4.0 y SPSS 10.0.

6.- RESULTADOS.

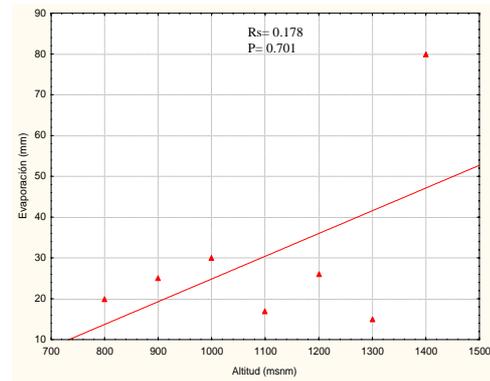
6.1 Parámetros ambientales.

a) Altitud-Evaporación.

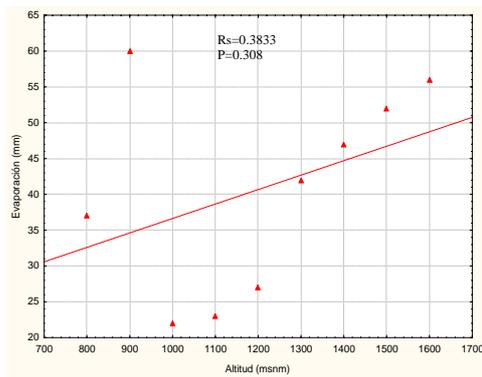
A partir de los datos obtenidos con los evaporímetros, se observó que en temporada lluviosa, en general la evaporación aumentó con la altitud, esto se muestra en el lado oeste del volcán San Martín Tuxtla, en donde la correlación entre estas dos variables fue positiva (Fig. 4b), similarmente ocurre en las dos vertientes del volcán Santa Marta, con una correlación también positiva (Fig. 4c y 4d). Sin embargo no ocurre lo mismo en la vertiente este del volcán San Martín, registrándose una correlación negativa entre la altitud y la evaporación (Fig. 4a).



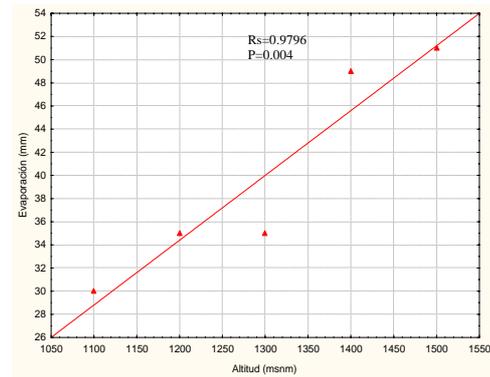
(a)



(b)



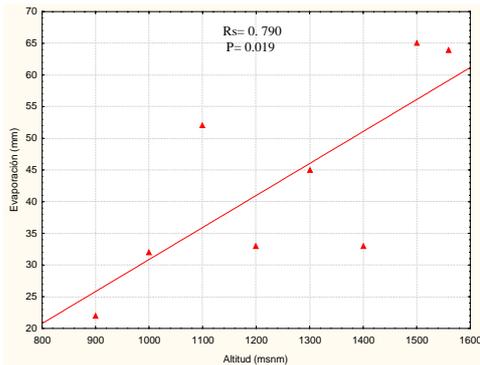
(c)



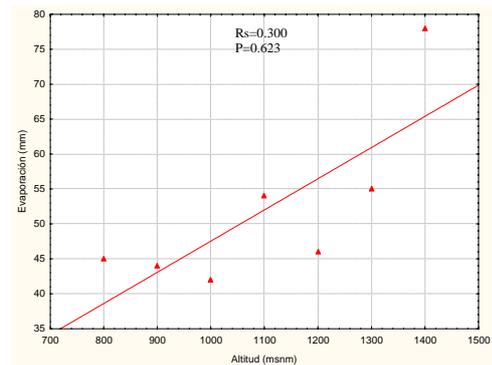
(d)

Figura 4. Correlación linear al 95 % entre la altitud y la evaporación en temporada lluviosa sobre las vertientes Este (a) y Oeste (b) del volcán San Martín Tuxtla y el lado este (c) y oeste (d) del volcán San Marta.

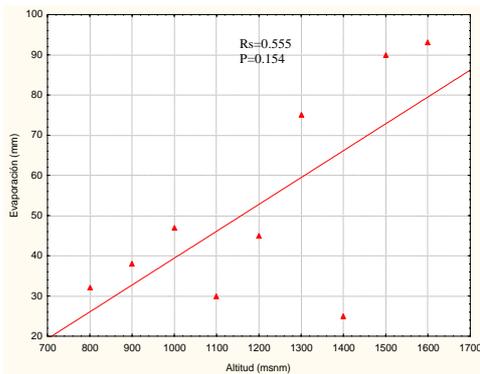
En temporada seca se observaron resultados ligeramente diferentes, aunque las medidas entre la evaporación y la altitud son muy dispersas, es notablemente mayor la evaporación en las partes más altas de ambos volcanes existiendo una correlación positiva entre la altitud y evaporación en los dos (Fig. 5a, 5b y 5c), no obstante en el oeste del volcán San Marta hubo una correlación positiva no significativa (Fig. 4d).



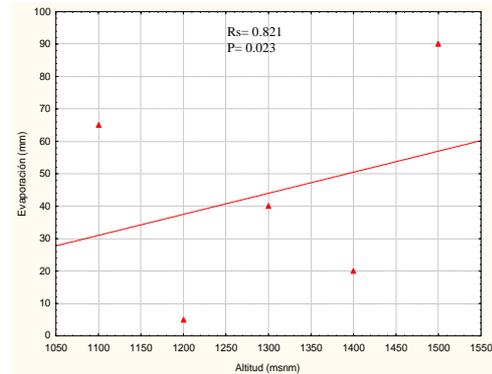
(a)



(b)



(c)

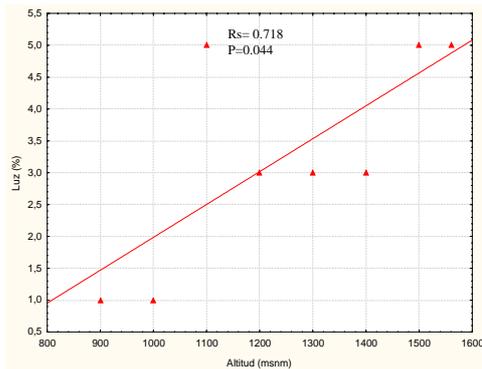


(d)

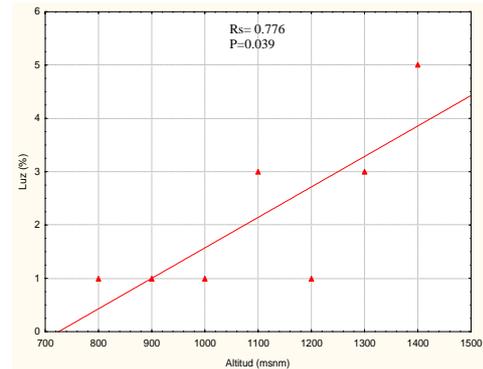
Figura 5. Correlación lineal al 95 % entre la altitud y la evaporación en temporada seca sobre las vertientes este (a) y oeste (b) del volcán San Martín Tuxtla y el lado este (c) y oeste (d) del volcán Santa Marta.

b) Altitud-Luz.

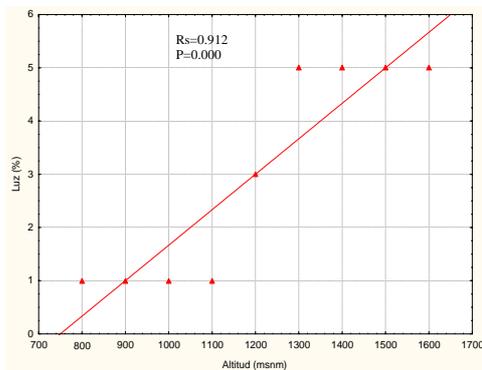
En ambos volcanes a altitudes más bajas (800-1300 m), la incidencia de la luz en el sotobosque es menor que a altitudes mayores, esto se observa en la temporada lluviosa, en la cual, tanto en el volcán San Martín Tuxtla como en el Santa Marta, la altitud y la luz tienen correlación positiva en la vertiente este y oeste (Fig. 6).



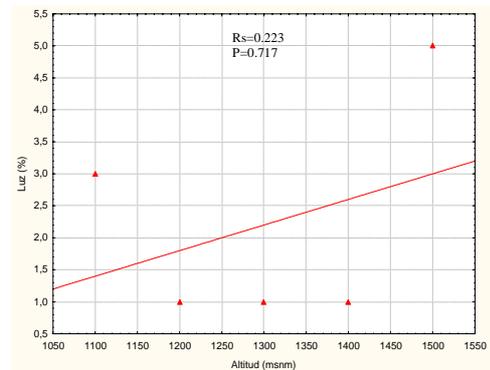
(a)



(b)



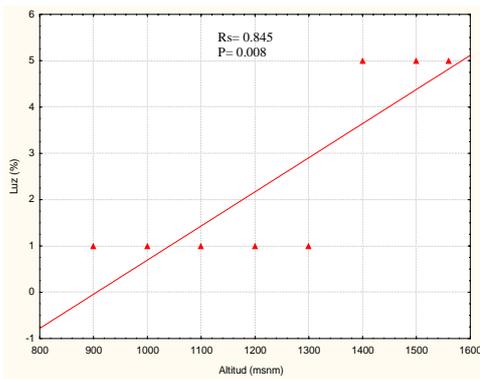
(c)



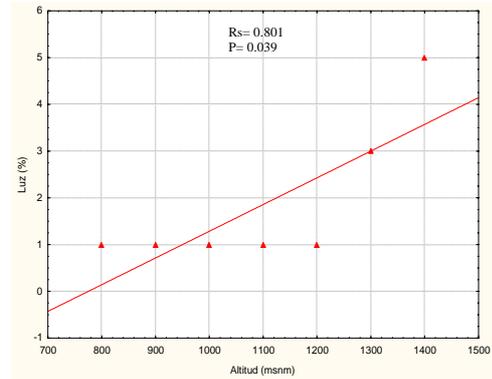
(d)

Figura 6. Correlación linear al 95% entre la altitud y la luz en temporada lluviosa sobre las vertientes este (a) y oeste (b) del volcán San Martín Tuxtla y el lado este (c) y oeste (d) del volcán Santa Marta.

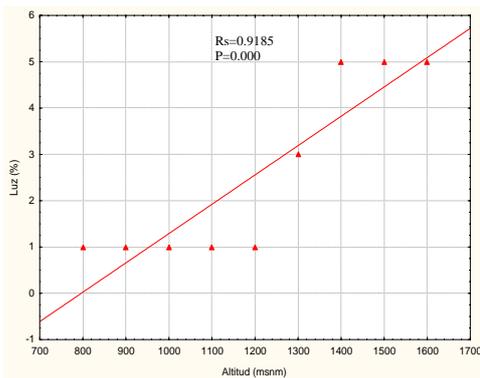
El mismo patrón fue observado en la temporada seca, la luz es más alta en las partes más elevadas de los dos volcanes, lo anterior se observa con la correlación positiva entre la altitud y la luz en las vertientes este y oeste del volcán San Martín Tuxtla y Santa Marta (Fig. 7).



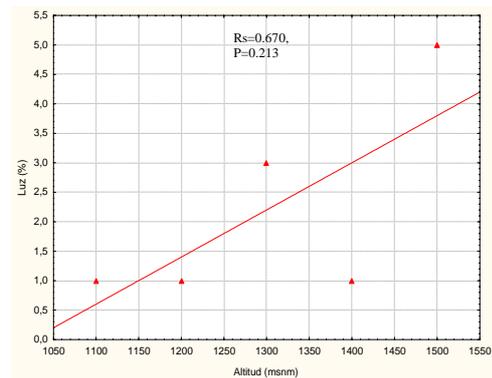
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7. Correlación linear al 95% entre la altitud y la luz en temporada seca sobre la vertiente este (a) y oeste (b) del volcán San Martín Tuxtla (c) Este y (d) Oeste del volcán Santa Marta.

c) Altitud-Diversidad.

Se observó que la diversidad de especies de líquenes folícolas disminuye con la altitud. En el volcán San Martín Tuxtla existe una correlación negativa significativa entre la altitud y la diversidad de especies de líquenes folícolas sobre el lado este (Fig. 8a) y una correlación negativa pero no significativa sobre el lado oeste (Fig. 8b). En el Santa Marta la correlación entre la altitud y la diversidad aparentemente no existía en la vertiente este (Fig. 8c), sin embargo al transformar de la correlación linear de la altitud a una curva Gauss, con un máximo de diversidad cerca de altitudes medianas, se observó

una correlación más alta ($R_s=0.2426$, $P=0.5292$). En la vertiente oeste, la correlación es negativa con significancia (Fig. 8d), lo que indica que la diversidad no está correlacionada linealmente con la altitud sino en forma de curva Gauss.

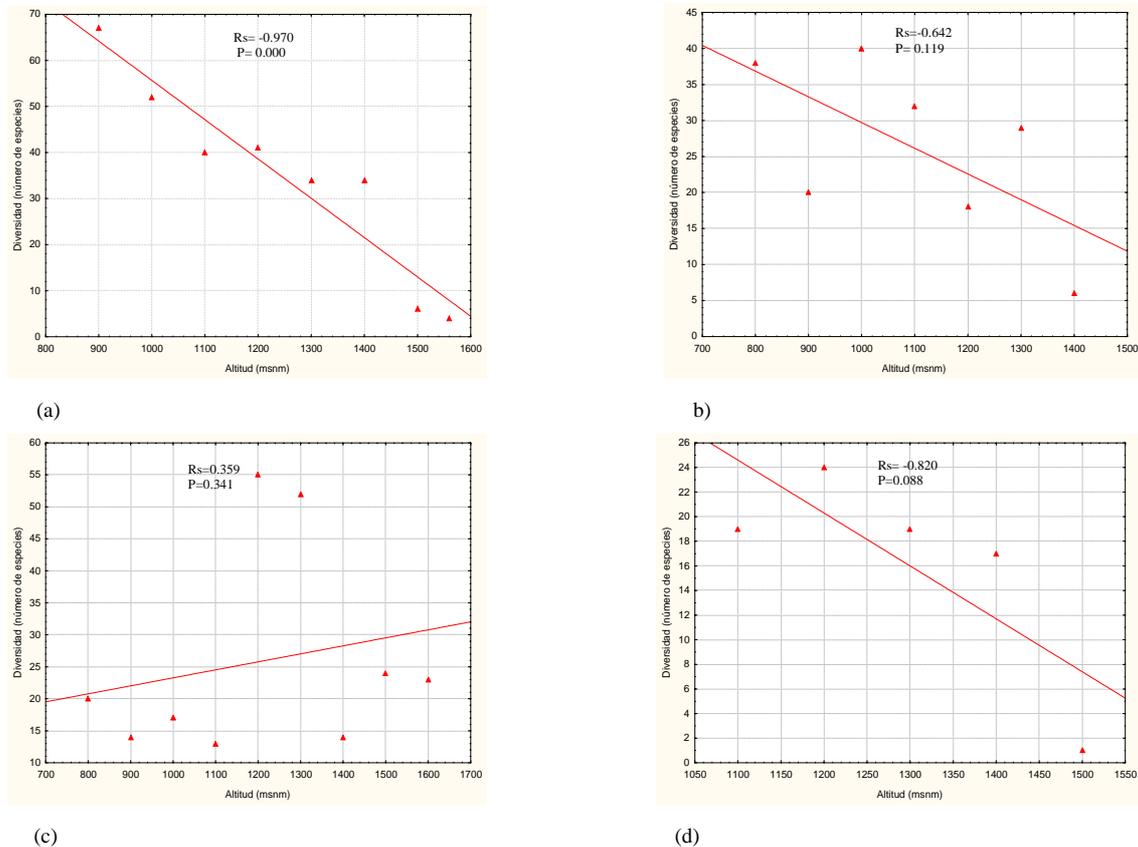


Figura 8. Correlación lineal al 95 % entre la altitud y la diversidad de especies de líquenes folícolas sobre la vertiente este (a) y oeste (b) del volcán San Martín Tuxtla (c) este y (d) oeste del volcán Santa Marta.

6.2 Diversidad y frecuencia de las especies de líquenes folícolas por muestras.

En el volcán San Martín Tuxtla se identificaron un total de 122 especies de líquenes folícolas, agrupadas en 30 géneros, 13 familias y 5 órdenes las cuales se encontraron en 23 familias de plantas. En el volcán Santa Marta el inventario reveló en 29 géneros, 14 familias y 6 órdenes a 114 especies de líquenes folícolas en 32 familias de plantas (Cuadro 1 y 2, Fig. 9). Asimismo en este estudio se encontró una especie endémica para el volcán San Martín Tuxtla (*Porina subnitidula*) y dos al volcán Santa Marta (*Trichothelium intermedium* y *Fellhanera rubrolecanorina*) lo cual representa el 1.22% y 2.28% de endemismo respectivamente.

Cuadro 1: Lista de especies de líquenes folícolas encontrados en los volcanes San Martín Tuxtla (SMT) y Santa Marta (SM), Los Tuxtlas, Veracruz, México. 1= Presencia . SPLF= Clave de identificación de las especies de líquenes folícolas.

| SPLF | ESPECIES DE LÍQUENES FOLÍCOLAS | FAMILIA | ORDEN | SMT | SM |
|------|---|------------------|-------------|-----|----|
| SF1 | <i>Actinoplaca strigulacea</i> Müll. Arg. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF2 | <i>Aderkomyces albostrigosus</i> (Lücking) Lücking, Sérus. & Vêzda. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF3 | <i>Anisomeridium foliicola</i> R. Sant & Tibell. | Monoblastiaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF4 | <i>Arthonia accolens</i> Stirt. | Arthoniaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF5 | <i>Arthonia acinimorfis</i> Stirt. | Arthoniaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF6 | <i>Arthonia cyanea</i> Müll. Arg. | Arthoniaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF7 | <i>Arthonia lecythidicola</i> (Bat. & H. Maja) Lücking & Sérus. | Arthoniaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF8 | <i>Arthonia leptosperma</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Arthoniaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF9 | <i>Arthonia mira</i> R. Sant. | Arthoniaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF10 | <i>Arthonia palmulacea</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Arthoniaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF11 | <i>Arthonia trilocularis</i> Müll. Arg. | Arthoniaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF12 | <i>Asterothyrium filiforme</i> Lücking. | Asterothyriaceae | Ostropales | | 1 |
| SF13 | <i>Asterothyrium rotuliforme</i> (Müll. Arg.) Sérus. | Arthoniaceae | Arthoniales | 1 | |
| SF14 | <i>Asterothyrium microsporum</i> R. Sant. | Asterothyriaceae | Ostropales | 1 | |
| SF15 | <i>Aulaxina quadrandula</i> (Stirt.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF16 | <i>Aulaxina intermedia</i> Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF17 | <i>Aulaxina microphana</i> (Vain.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF18 | <i>Bacidina apiahica</i> (Müll. Arg.) Vêzda. | Ramalinaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF19 | <i>Bacidina defecta</i> Vêzda. | Ramalinaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF20 | <i>Bacidina scutellifera</i> (Vêzda.) Vêzda. | Ramalinaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF21 | <i>Byssolecania deplanata</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF22 | <i>Byssolecania fumosonigrans</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF23 | <i>Byssolecania hymenocarpa</i> (Vain) Kalb, Vêzda & Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF24 | <i>Byssoloma absconditum</i> Farkas & Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF25 | <i>Byssoloma chlorinum</i> (Vain.) Zahlbr. | Pilocarpaceae | Lecanorales | | 1 |
| SF26 | <i>Byssoloma discordans</i> (Vain.) Zahlbr. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF27 | <i>Byssoloma fadenii</i> Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF28 | <i>Byssoloma hypophyllum</i> Lücking & Kalb | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF29 | <i>Byssoloma leucoblepharum</i> (Nyl.) Vain. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF30 | <i>Byssoloma minutissimum</i> Kalb & Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF31 | <i>Byssoloma subdiscordans</i> (Nyl.) P. James. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF32 | <i>Byssoloma tricholomum</i> (Mont.) Zahlbr. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF33 | <i>Byssoloma vezdanum</i> Sérus. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF34 | <i>Calenia graphidea</i> Vain. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF35 | <i>Calenia phyllogena</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF36 | <i>Calopadia fusca</i> (Müll. Arg.) Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF37 | <i>Calopadia puigarii</i> (Müll. Arg.) Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF38 | <i>Calopadia subcoerulesces</i> (Zahlbr.) Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF39 | <i>Chroodiscus coccineus</i> (Leight.) Müll. Arg. | Thelotremataceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF40 | <i>Coccocarpia tenuissima</i> Müll. Arg. | Coccocarpaceae | Lecanorales | | 1 |
| SF41 | <i>Coenogonium epiphyllum</i> Vain. | Coenogoniaceae | Ostropales | 1 | |
| SF42 | <i>Coenogonium flavicans</i> (Vêzda & Farkas) Kalb & Lücking. | Coenogoniaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF43 | <i>Coenogonium isidiiferum</i> Lücking. | Coenogoniaceae | Ostropales | | 1 |
| SF44 | <i>Coenogonium subluteum</i> (Rehm) Kalb & Lücking. | Coenogoniaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF45 | <i>Coenogonium zonatum</i> Kalb & Lücking. | Coenogoniaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF46 | <i>Echicoplaca fusconitida</i> Lücking. | Coenogoniaceae | Ostropales | | 1 |
| SF47 | <i>Echinoplaca diffluens</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF48 | <i>Echinoplaca epiphylla</i> Fée. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF49 | <i>Echinoplaca leucotrichoides</i> (Vain.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |
| SF50 | <i>Echinoplaca pellicula</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |

Cuadro 1. Continuación

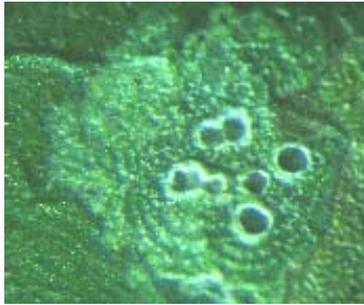
| SPLF | ESPECIES DE LÍQUENES FOLIÍCOLAS | FAMILIA | ORDEN | SMT | SM |
|-------|---|----------------------|---------------|-----|----|
| SF51 | <i>Echinoplaca verrucifera</i> Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF52 | <i>Eremothecella calamicola</i> Sid. | Arthoniaceae | Arthoniales | 1 | |
| SF53 | <i>Eremothecella macrosperma</i> (Zahlbr.) Sérus. | Arthoniaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF54 | <i>Fellhanera bouteillei</i> (Desm.) | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF55 | <i>Fellhanera dictyospora</i> Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF56 | <i>Fellhanera emarginata</i> Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF57 | <i>Fellhanera fragilis</i> (Vêzda) Lücking & Kalb. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF58 | <i>Fellhanera fuscata</i> (Müll. Arg.) Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF59 | <i>Fellhanera longispora</i> Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF60 | <i>Fellhanera naevia</i> (Vain.) Lücking & M. Cáceres. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF61 | <i>Fellhanera rubrolecanorina</i> B. Peña & Colín. | Pilocarpaceae | Lecanorales | | 1 |
| SF62 | <i>Fellhanera santessonii</i> Barrillas & Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF63 | <i>Fellhanera stanhopeae</i> (Müll. Arg.) Lücking <i>et al.</i> | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | |
| SF64 | <i>Gyalectidium areolatum</i> Ferraro & Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF65 | <i>Gyalectidium catenulatum</i> (Cavalc. & Silva) Ferraro <i>et al.</i> | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF66 | <i>Gyalectidium caucasicum</i> (Elenk. & Woron.) Vêzda. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |
| SF67 | <i>Gyalectidium filicinum</i> Müll. Arg. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF68 | <i>Gyalectidium fuscum</i> Lücking & Sérus. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF69 | <i>Gyalectidium imperfectum</i> Vêzda. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF70 | <i>Gyalectidium minus</i> Sérus. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | |
| SF71 | <i>Gyalectidium rosae-emiliae</i> Herrera-Campos & Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF72 | <i>Gyalectidium ulloae</i> Herrera-Camp. & Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |
| SF73 | <i>Gyalidea epiphylla</i> Vêzda. | Asterothyriaceae | Ostropales | 1 | |
| SF74 | <i>Gyalideopsis intermedia</i> Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |
| SF75 | <i>Gyalideopsis parvula</i> Hafellner & Vêzda. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |
| SF76 | <i>Gyalideopsis vulgaris</i> (Müll. Arg.) Lücking. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF77 | <i>Logilvia gilva</i> (Müll. Arg.) Vêzda. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF78 | <i>Lyromma ornata</i> Lücking, Kalb y Sérus. | Pilocarpaceae | Lecanorales | | 1 |
| SF79 | <i>Mazosia dispersa</i> (Hedr.) R. Sant. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF80 | <i>Mazosia longispora</i> R. Lücking & Matzer | Roccellaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF81 | <i>Mazosia melanophthalma</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF82 | <i>Mazosia paupercula</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF83 | <i>Mazosia phyllosema</i> (Nyl.) Zahlbr. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF84 | <i>Mazosia rotula</i> (Mont.) A. Massal. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF85 | <i>Mazosia tenuissima</i> Lücking & Matzer. | Roccellaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF86 | <i>Microtheliopsis uniseptata</i> Herrera-Campos & Lücking. | Microtheliopsidaceae | Dothideales | | 1 |
| SF87 | <i>Microtheliosis uleana</i> Müll. Arg. | Microtheliopsidaceae | Dothideales | | 1 |
| SF88 | <i>Musaespora kalbii</i> Lücking & Sérus. | Monoblastiaceae | Pyrenulales | | 1 |
| SF89 | <i>Opegrapha filicina</i> Mont. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF90 | <i>Opegrapha fuscothallina</i> Lücking & Matzer | Roccellaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF91 | <i>Opegrapha lambinonii</i> Sérus. | Roccellaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF92 | <i>Opegrapha puiggarii</i> Müll. Arg. | Roccellaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF93 | <i>Opegrapha serusiauxii</i> Lücking | Roccellaceae | Arthoniales | | 1 |
| SF94 | <i>Opegrapha tuxtensis</i> Herrera-Campos & Lücking. | Roccellaceae | Arthoniales | 1 | 1 |
| SF95 | <i>Phylloblastia amazonica</i> Kalb & Vêzda. | Verrucariaceae | Verrucariales | 1 | |
| SF96 | <i>Phylloblastia borhidii</i> (Farkas & Vêzda) Lücking. | Verrucariaceae | Verrucariales | | 1 |
| SF97 | <i>Phylloblastia septemseptata</i> Vêzda. | Verrucariaceae | Verrucariales | | 1 |
| SF98 | <i>Porina alba</i> R. Sant. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF99 | <i>Porina atriceps</i> (Vain.) Vain. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF100 | <i>Porina distans</i> Vêzda & Vivant. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF101 | <i>Porina epiphylla</i> (Fée) Fée. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF102 | <i>Porina fulvella</i> Müll. Arg. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |

Cuadro 1. Continuación.

| SPLF | ESPECIES DE LÍQUENES FOLIÍCOLAS | FAMILIA | ORDEN | SMT | SM |
|-------|--|------------------|---------------|-----|----|
| SF103 | <i>Porina fusca</i> Lücking. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF104 | <i>Porina imitatrix</i> Müll. Arg. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF105 | <i>Porina karnatakensis</i> Makhija <i>et al.</i> | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF106 | <i>Porina leptosperma</i> Müll. Arg. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF107 | <i>Porina leptospermoides</i> Müll. Arg. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF108 | <i>Porina limbulata</i> (Kremp.) Vain. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF109 | <i>Porina lucida</i> R. Sant. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF110 | <i>Porina nitidula</i> Müll. Arg. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF111 | <i>Porina nucula</i> Ach. | Porinaceae | Ostropales | | 1 |
| SF112 | <i>Porina octomera</i> (Müll. Arg.) F. Schill. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF113 | <i>Porina pseudopplanata</i> Lücking & Cáceres. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF114 | <i>Porina rubencens</i> (Lücking) Hafellner & Kalb. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF115 | <i>Porina rubentior</i> (Stirt) Müll. Arg. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF116 | <i>Porina rubrosphaera</i> R. Sant. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF117 | <i>Porina rufula</i> (Kremp.) Vain. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF118 | <i>Porina subepiphylla</i> Lücking & Vêzda. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF119 | <i>Porina subnitidula</i> Colín & B. Peña. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF120 | <i>Porina tetramera</i> (Malme) R. Sant. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF121 | <i>Porina umbilicata</i> (Müll. Arg.) F. Schill. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF122 | <i>Porina vezdae</i> Lücking. | Porinaceae | Ostropales | 1 | |
| SF123 | <i>Psoroglaena ornata</i> Herrera-Campos & Lücking. | Verrucariaceae | Verrucariales | 1 | 1 |
| SF124 | <i>Sporopodium antonianum</i> Elix, Lumbsch & Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF125 | <i>Sporopodium citrinum</i> (Zahlbr.) Elix, Lumbsch & Lücking. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF126 | <i>Sporopodium leprieurii</i> Mont. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF127 | <i>Sporopodium phyllocharis</i> (Mont.) Massal. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF128 | <i>Strigula antillarum</i> (Fée) Müll. Arg. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | |
| SF129 | <i>Strigula concreta</i> (Fée) R. Sant. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | |
| SF130 | <i>Strigula janeirensis</i> (Müll. Arg.) Lücking. | Strigulaceae | Pyrenulales | | 1 |
| SF131 | <i>Strigula macrocarpa</i> Vain. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | |
| SF132 | <i>Strigula maculata</i> (Cooke & Masee) R. Sant. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF133 | <i>Strigula microsphora</i> Lücking. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF134 | <i>Strigula nemathora</i> Mont. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | |
| SF135 | <i>Strigula nigrocarpa</i> Lücking. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF136 | <i>Strigula nitidula</i> Mont. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF137 | <i>Strigula obducta</i> (Müll. Arg.) R. C. Harris. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF138 | <i>Strigula orbicularis</i> Fr. | Strigulaceae | Pyrenulales | | 1 |
| SF139 | <i>Strigula phylogena</i> (Müll. Arg.) R. C. Harris. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF140 | <i>Strigula platypoda</i> (Müll. Arg.) R. C. Harris. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | |
| SF141 | <i>Strigula schizospora</i> R. Sant. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF142 | <i>Strigula smaragdula</i> Fr. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF143 | <i>Strigula subelegans</i> Vain. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF144 | <i>Strigula subtilissima</i> (Fée) Müll. Arg. | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | 1 |
| SF145 | <i>Strigula vulgaris</i> (Müll. Arg.) Lücking | Strigulaceae | Pyrenulales | 1 | |
| SF146 | <i>Tapellaria epiphylla</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Pilocarpaceae | Lecanorales | 1 | 1 |
| SF147 | <i>Tricharia farinosa</i> R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF148 | <i>Tricharia hyalina</i> Kalb & Vêzda. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF149 | <i>Tricharia santessonii</i> D. Hawksw. | Gomphillaceae | Ostropales | | 1 |
| SF150 | <i>Tricharia urceolata</i> (Müll. Arg.) R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF151 | <i>Tricharia vainioi</i> R. Sant. | Gomphillaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF152 | <i>Trichothelium minus</i> Vain. | Porinaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF153 | <i>Trichothelium epiphyllum</i> Müll. Arg. | Trichotheliaceae | Ostropales | 1 | 1 |
| SF154 | <i>Trichothelium annulatum</i> (Karst.) R. Sant. | Trichotheliaceae | Ostropales | 1 | |

Cuadro 1. Continuación.

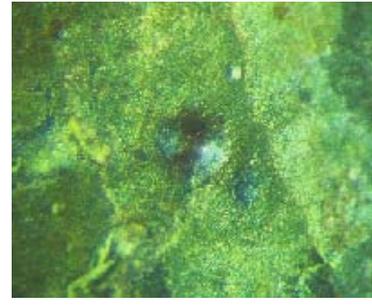
| SPLF | ESPECIES DE LÍQUENES FOLIÓCOLAS | FAMILIA | ORDEN | SMT | SM |
|-------|---|------------------|------------|-----|-----|
| SF155 | <i>Trichothelium intermedium</i> Lücking. | Trichotheliaceae | Ostropales | | 1 |
| SF156 | <i>Trichothelium minutum</i> (Lücking) Lücking. | Trichotheliaceae | Ostropales | | 1 |
| SF157 | <i>Trichothelium ulei</i> (P. Henn.) Höhnel. | Trichotheliaceae | Ostropales | 1 | |
| | TOTAL DE ESPECIES | | | 122 | 114 |



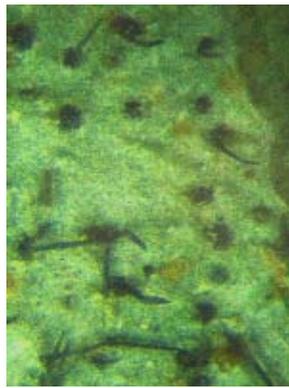
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 9: Algunas de las especies más frecuentes identificadas en los volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta. (a) *Gyalectidium filicinum*, (b) *Porina epiphylla* (c) *Porina rubentior*, (d) *Tricharia vainioi* y (e) *Logilvia gilva*.

a) Diversidad: En los dos volcanes la mayoría de las muestras contienen menos de cinco especies de líquenes folícolas, sólo hay dos muestras que contienen de 30 a 40 especies de líquenes folícolas (Fig. 10a y 10b). La representación logarítmica de la distribución de la diversidad por muestra no sigue una distribución normal, ya que ésta es distorsionada por las muestras con baja diversidad de especies (Fig. 10c y 10d).

Las muestras que tienen una alta diversidad de especies de líquenes folícolas en el volcán San Martín Tuxtla pertenecen a las familias Euphorbiaceae, Asteraceae, Piperaceae, una monocotiledónea y una palma no identificadas (Cuadro 2). En el volcán Santa Marta las familias que presentaron una alta diversidad de especies son Arecaceae (Palmae), Solanaceae, Clusiaceae, Piperaceae, Myrsinaceae y una monocotiledónea no identificada (Cuadro 2).

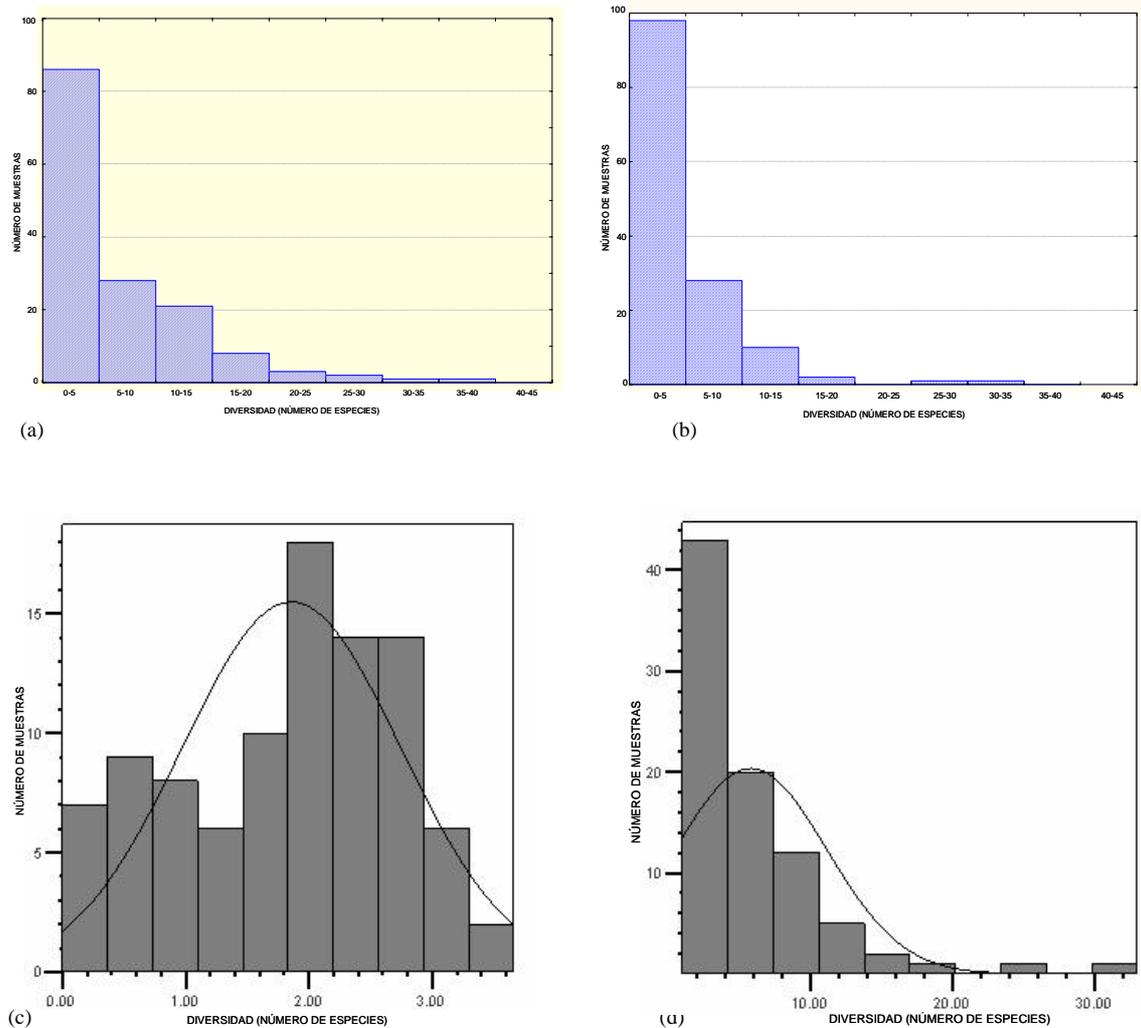


Figura 10: Diversidad de especies de líquenes folícolas encontradas en 150 muestras del volcán San Martín Tuxtla (a) y 140 muestras del volcán San Marta (b), y sus representaciones logarítmicas (c) y d respectivamente).

Cuadro 2: Lista de las familias de forofitos con el número de especies de líquenes folícolos que crecen en ellos, en el volcán San Martín Tuxtla (SMT) y en el volcán San Marta (SMS). Forofitos no identificados *, FORO= Clave de identificación de las familias de forofitos.

| FORO | FAMILIA DE FOROFITO | SMT | STM |
|------|---------------------|-----|-----|
| P1 | Acanthaceae | 10 | |
| P2 | Annonaceae | 10 | |
| P3 | Araceae | 5 | 3 |
| P4 | Araliaceae | 1 | 21 |
| P5 | Asteraceae | 26 | 8 |
| P6 | Begoniaceae | | 1 |
| P7 | Celastraceae | | 18 |
| P8 | Clusiaceae | 12 | 45 |
| P9 | Ericaceae | | 18 |
| P10 | Euphorbiaceae | 55 | 7 |
| P11 | Fabaceae | 35 | 10 |
| P12 | Flacourtiaceae | 33 | 8 |
| P13 | Gesneriaceae | 3 | 2 |
| P14 | Helecho | | 5 |
| P15 | Hippocrateacea | | 12 |
| P16 | Icacinaceae | 30 | |
| P17 | Lauraceae | 8 | 14 |
| P18 | Leguminosae | 9 | |
| P19 | Malvaceae | 7 | |
| P20 | Melastomataceae | | 7 |
| P21 | Meliaceae | 13 | |
| P22 | Monocotiledonea | 91 | 63 |
| P23 | Moraceae | 12 | 19 |
| P24 | Myrsinaceae | 5 | 13 |
| P25 | Myrtaceae | 27 | 16 |
| P26 | Orchidaceae | | 4 |
| P27 | Palma * | 29 | 14 |
| P28 | Piperaceae | 53 | 26 |
| P29 | Podoscarpaceae | | 9 |
| P30 | Proteaceae | | 1 |
| P31 | Rubiaceae | 24 | 6 |
| P32 | Sapindaceae | | 5 |
| P33 | Solanaceae | | 18 |
| P34 | Sterculiaceae | | 4 |
| P35 | Styracaceae | | 4 |
| P36 | Theophrastaceae | | 4 |
| P37 | Urticaceae | 20 | 9 |
| P38 | Violaceae | | 8 |

b) Frecuencia: La mayor parte de las especies de líquenes folícolas no son frecuentes a lo largo de los muestreos sobre los transectos, creciendo sólo en cinco muestras o menos, no obstante algunas especies estuvieron presentes en 35 a 45 muestras en ambos volcanes (Fig. 11a y 11b). Tal es el caso de *Coenogonium subluteum*, *Porina epiphylla*, *Gyalideopsis vulgaris* y *Gyalectidium filicinum* en el volcán San Martín Tuxtla, mientras que en el volcán Santa Marta especies como *Tricharia vainioi*, *Gyalectidium filicinum*, *Logilvia gilva*, *Mazosia phyllosema* y *Porina rubentior* fueron observadas con más frecuencia en las muestras.

En la representación logarítmica la distribución de la frecuencia en ambos volcanes no presenta la forma de una curva de distribución normal, ya que esta se modifica por las especies que tienen baja frecuencia (Fig. 11c y 11d).

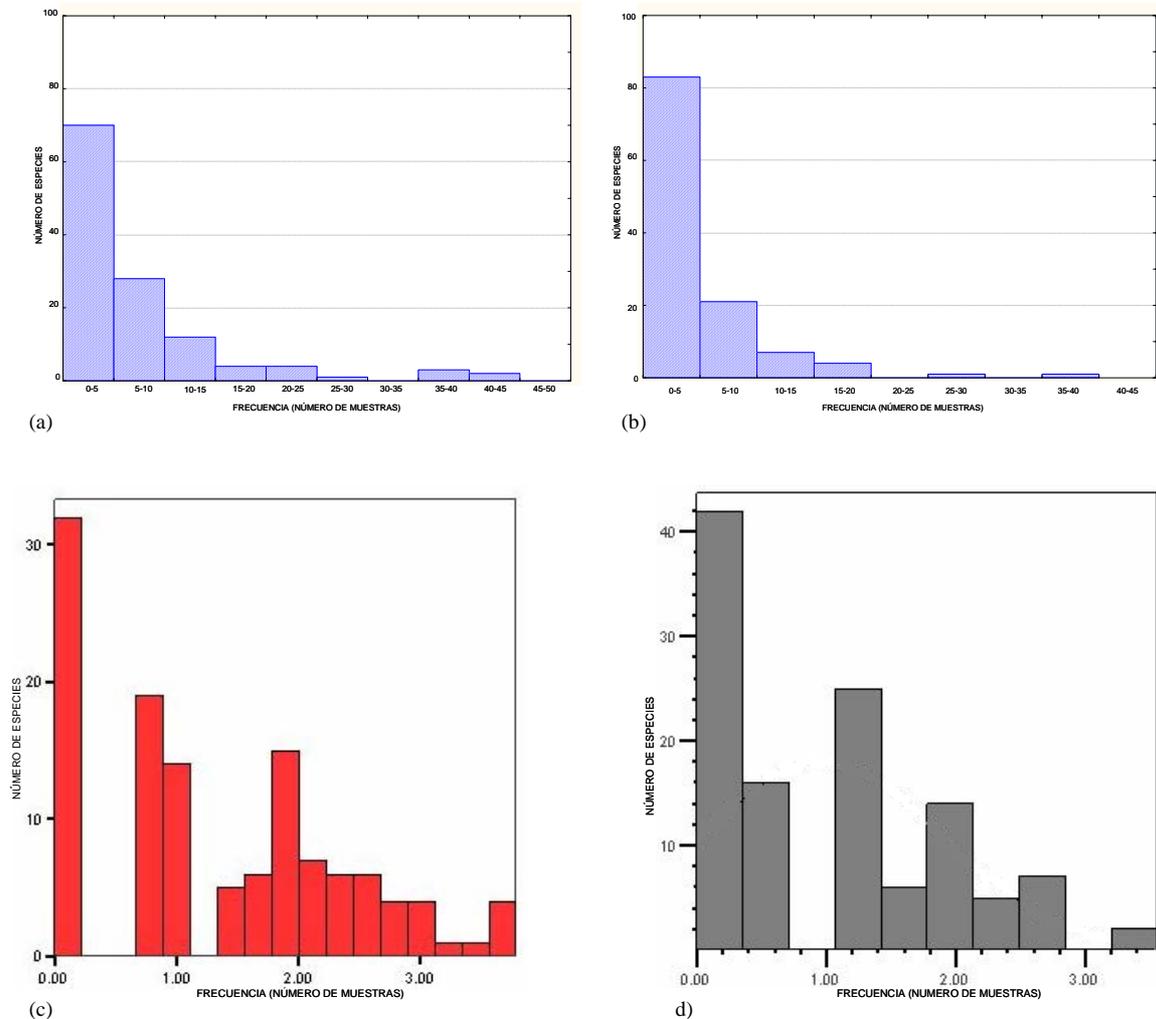


Figura 11: Distribución de frecuencias de 122 especies de líquenes folícolas encontradas en 150 muestras del Volcán San Martín Tuxtla (a) y de 114 especies en 140 muestras del volcán Santa Marta (b) y su representación logarítmica (c y d respectivamente).

6.3 Composición de especies de líquenes folícolas con respecto a la altitud.

a) **Diversidad beta:** El índice de Sørensen indicó que entre las altitudes relativamente bajas existe una similitud alta (alrededor de 50%) en la composición de especies de líquenes folícolas entre segmentos adyacentes del transecto en las dos vertientes de los dos volcanes. Sin embargo, se observó un cambio significativo en la composición de especies a los 1500 m en el este y a los 1400 m en el oeste del volcán San Martín Tuxtla (Cuadro 3a), mientras que en el Santa Marta ocurre a los 1500 m en sus dos vertientes (Cuadro 3b), este cambio en la composición de especies coincide con cambios en el microclima y en el tipo de vegetación de selva alta perennifolia a selva baja perennifolia.

| | msnm | ESTE | | | | | | | OESTE | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|
| | | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1560 | 1400 | 1300 | 1200 | 1100 | 1000 | 900 | 800 |
| ESTE | 900 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1000 | 0.5882 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1100 | 0.5046 | 0.6956 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1200 | 0.4814 | 0.5806 | 0.6172 | | | | | | | | | | | | |
| | 1300 | 0.4554 | 0.5813 | 0.5675 | 0.64 | | | | | | | | | | | |
| | 1400 | 0.3762 | 0.4186 | 0.4054 | 0.48 | 0.5 | | | | | | | | | | |
| | 1500 | 0.0547 | 0.0689 | 0.0540 | 0.085 | 0.1 | 0.1 | | | | | | | | | |
| OESTE | 1560 | 0.0281 | 0.0357 | 0.0434 | 0 | 0 | 0.05 | 0 | | | | | | | | |
| | 1400 | 0.1095 | 0.1034 | 0.0869 | 0.1276 | 0.1 | 0.1 | 0.1666 | 0 | | | | | | | |
| | 1300 | 0.4042 | 0.4444 | 0.4347 | 0.4571 | 0.3809 | 0.4444 | 0.1142 | 0 | 0.1142 | | | | | | |
| | 1200 | 0.3373 | 0.3428 | 0.4827 | 0.4406 | 0.3846 | 0.3846 | 0.0833 | 0 | 0.0833 | 0.3829 | | | | | |
| | 1100 | 0.4403 | 0.5 | 0.6111 | 0.6627 | 0.5454 | 0.4242 | 0.1052 | 0 | 0.2105 | 0.4262 | 0.68 | | | | |
| | 1000 | 0.5233 | 0.5217 | 0.55 | 0.5185 | 0.4864 | 0.3783 | 0.0434 | 0 | 0.0869 | 0.4057 | 0.5517 | 0.6666 | | | |
| | 900 | 0.3218 | 0.3333 | 0.3333 | 0.3934 | 0.3333 | 0.4814 | 0.0555 | 0 | 0.0769 | 0.5306 | 0.5263 | 0.4615 | 0.3666 | | |
| 800 | 0.5523 | 0.4680 | 0.4358 | 0.5316 | 0.4444 | 0.3333 | 0.3957 | 0.0465 | 0.2272 | 0.3880 | 0.3214 | 0.5428 | 0.5384 | 0.2758 | | |

(a)

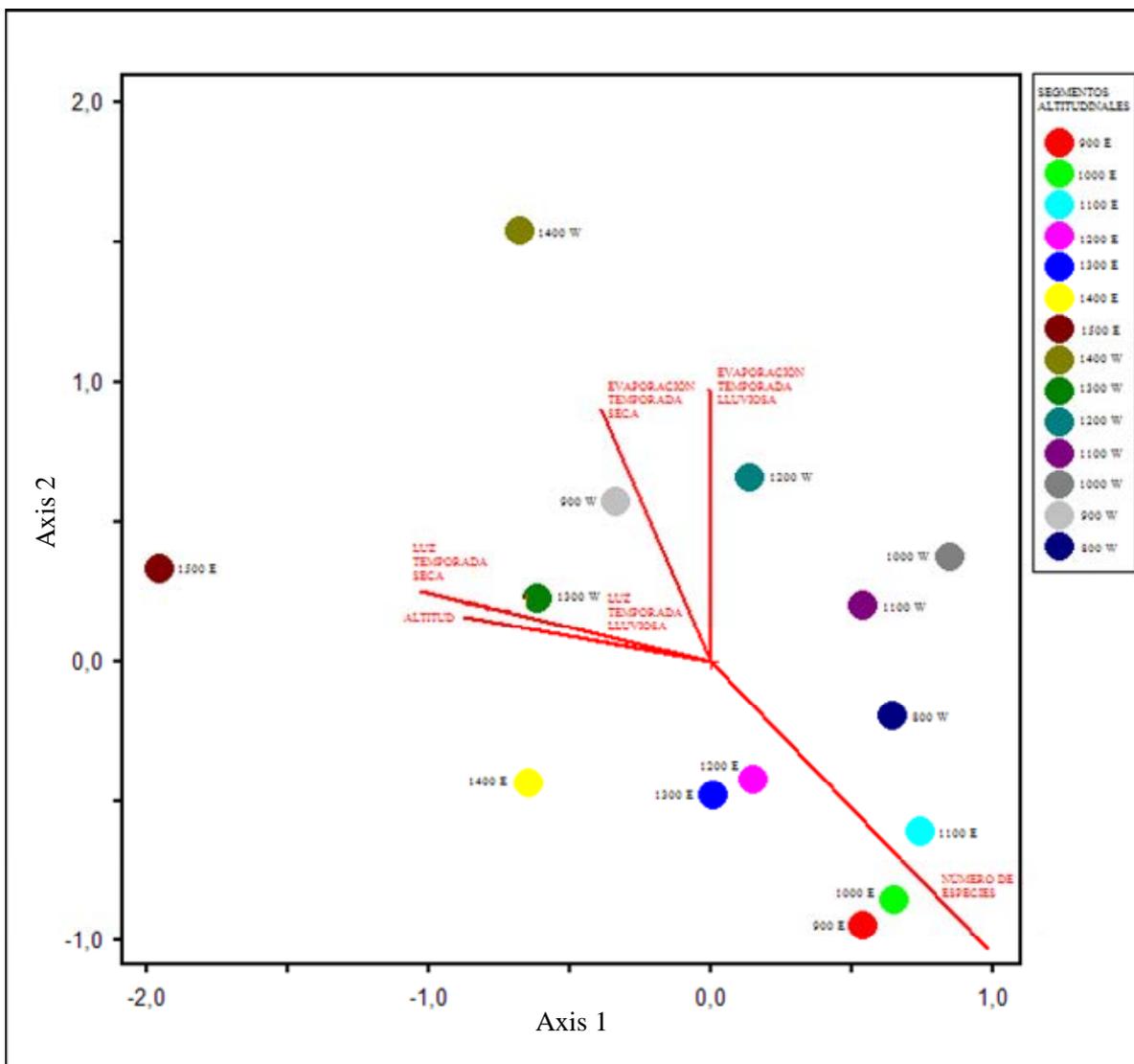
| | msnm | ESTE | | | | | | | OESTE | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| | | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1500 | 1400 | 1300 | 1200 | 1100 |
| ESTE | 800 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 900 | 0.2941 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1000 | 0.4 | 0.5517 | | | | | | | | | | | | |
| | 1100 | 0.2424 | 0.4444 | 0.3333 | | | | | | | | | | | |
| | 1200 | 0.2933 | 0.2318 | 0.6875 | 0.2941 | | | | | | | | | | |
| | 1300 | 0.2777 | 0.2727 | 0.3188 | 0.2461 | 0.598 | | | | | | | | | |
| | 1400 | 0.3529 | 0.2857 | 0.3870 | 0.2962 | 0.2318 | 0.2424 | | | | | | | | |
| OESTE | 1500 | 0.3181 | 0.1578 | 0.1951 | 0.1621 | 0.2784 | 0.2844 | 0.1578 | | | | | | | |
| | 1600 | 0.2790 | 0.2162 | 0.25 | 0.2777 | 0.3846 | 0.32 | 0.1621 | 0.2553 | | | | | | |
| | 1500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 1400 | 0.3243 | 0.1290 | 0.1764 | 0.1333 | 0.2777 | 0.3768 | 0.2580 | 0.2439 | 0.3 | 0 | | | | |
| | 1300 | 0.4102 | 0.1212 | 0.1111 | 0.125 | 0.2162 | 0.2535 | 0.0606 | 0.0465 | 0.2380 | 0 | 0.3333 | | | |
| 1200 | 0.2272 | 0.2105 | 0.2926 | 0.2162 | 0.3544 | 0.2631 | 0.2105 | 0.1666 | 0.1702 | 0 | 0.1951 | 0.2790 | | | |
| 1100 | 0.1538 | 0.1818 | 0.4444 | 0.1875 | 0.2702 | 0.3098 | 0.1818 | 0.2325 | 0.0952 | 0 | 0.1666 | 0.0526 | 0.3720 | | |

(b)

Cuadro 3: Diversidad beta de acuerdo con el índice de Sørensen en el volcán San Martín Tuxtla (a) y Santa Marta (b).

b) Análisis de ordenación NMS: Indica la posición relativa de cada punto de muestro en el transecto con respecto al resto, basado en la composición de especies de líquenes folícolas.

En las dos vertientes del volcán San Martín Tuxtla, a altitudes bajas (800-1300 m) se observó una similitud más alta en la composición de especies de líquenes folícolas y una correlación positiva con los parámetros ambientales luz, humedad y altitud. Por el contrario en las partes más altas del volcán (1400, 1500 y 1560 m) la similitud es muy baja al igual que la diversidad de líquenes folícolas (Fig. 12).



(a)

Figura 12: Diagrama del análisis de ordenación por escala multidimensional no métrica NMS de las muestras del volcán San Martín Tuxtla. Los puntos de colores representan los segmentos altitudinales.

En el volcán Santa Marta hubo mayor similitud en la composición de especies de líquenes folícolos en la vertiente este desde los 1200 hasta los 1600 m y en la oeste desde los 1300 a los 1400 m con una correlación positiva con la luz y la humedad (Fig. 13).

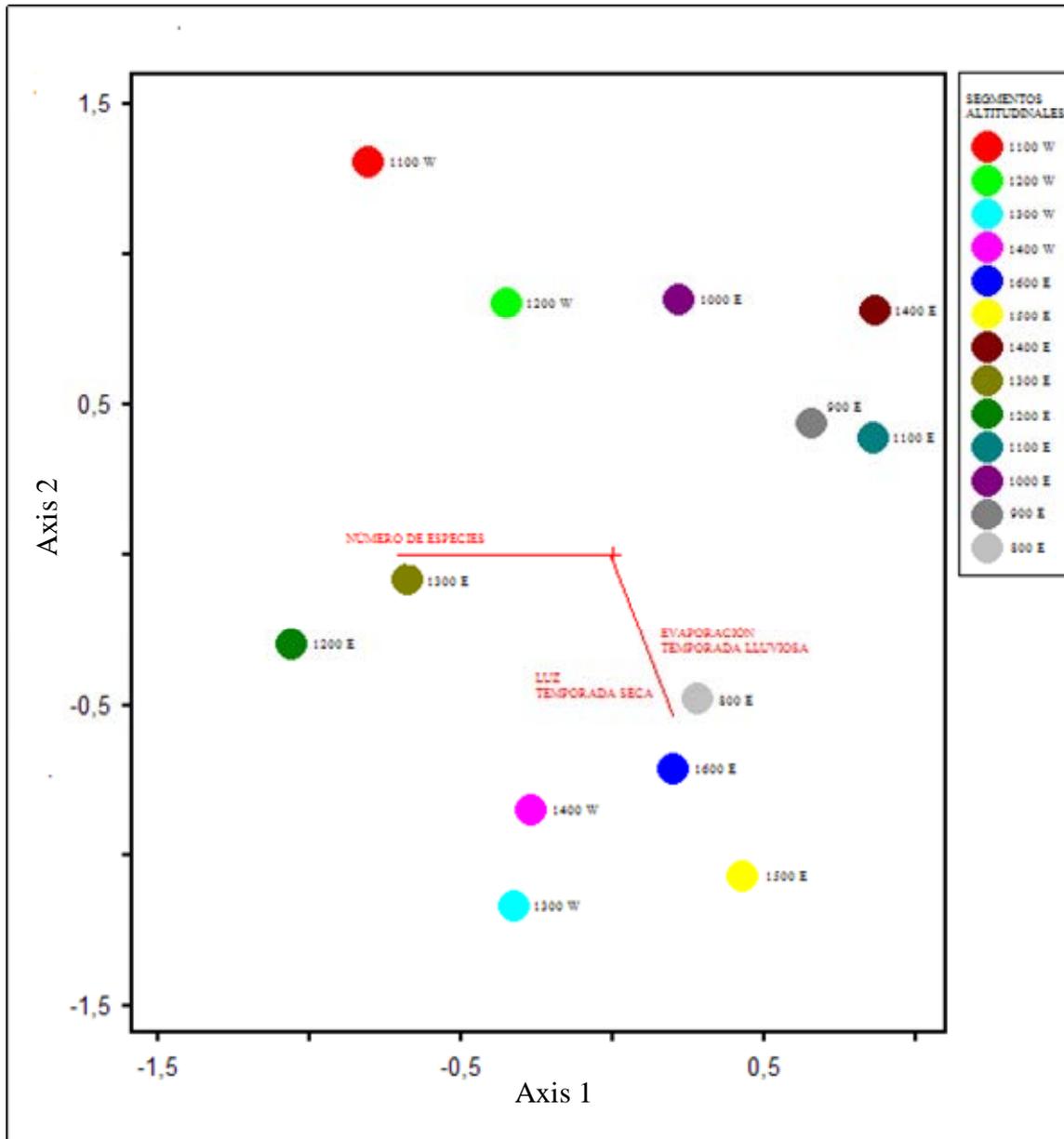


Figura 13: Diagrama del análisis de ordenación por escala multidimensional no métrica NMS de las muestras del volcán Santa Marta. Los puntos de colores representan los segmentos altitudinales.

6.4 Diversidad de las especies de líquenes folícolos con respecto a las familias de forofitos.

a) **Diversidad de especies de líquenes folícolos por familia de forofito:** La mayoría de las familias de los forofitos contienen menos de diez especies diferentes de líquenes folícolos en los dos volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta (Fig. 14a y 14b respectivamente).

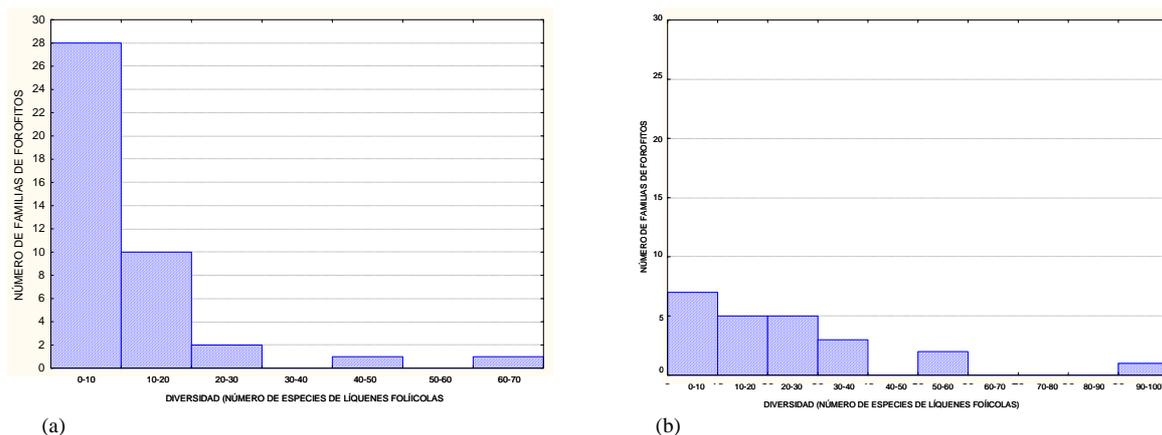


Figura 14. Diversidad de especies de líquenes folícolos encontradas en 23 familias de plantas en el volcán San Martín Tuxtla (a) y 23 familias de plantas en el volcán Santa Marta (b).

La integración de los datos obtenidos tanto de las especies de líquenes folícolos como de los forofitos dio como resultado dos matrices: la primera correspondiente al volcán San Martín Tuxtla, de 122 caracteres (total de especies de líquenes folícolos) y 23 unidades que representa el total de familias de forofitos (Apéndice I) y la segunda, del volcán Santa Marta de 114 caracteres y 34 unidades (Apéndice II). A partir de estas matrices se realizó los siguientes análisis:

b) **Análisis de χ^2 :** La prueba indica que algunas especies de líquenes tienen preferencia por ciertas familias de forofitos, en el volcán San Martín Tuxtla ($\chi^2=2206.495$, $P<0.000$) y Santa Marta ($\chi^2=655.522$, $P<0.000$).

c) **Análisis de conglomerados:** Se compararon a las familias de plantas, por la similitud entre las especies de líquenes folícolos que tienen preferencia por un tipo de forofito. En el volcán San Martín Tuxtla se encontraron cinco grupos (A, B, C, D, y E): los grupos A, B, C y E están compuestos en su totalidad por dicotiledóneas, son muy pequeños y muestran baja similitud en la composición de especies de líquenes folícolos. Por el contrario, el grupo D que es muy grande, heterogéneo y presenta

mayor semejanza en la composición de especies, a pesar de que en este grupo existen tres familias de monocotiledóneas (Palma, Araceae y Orchidaceae) (Fig. 15a).

El análisis para el volcán Santa Marta arrojó 4 grupos (A, B, C y D): donde A, B y D son muy grades y con alta similitud en la composición de especies de líquenes con sólo una familia de monocotiledóneas (Palma) en el grupo A, por otra parte, en el grupo C se encontró poca similitud ya que contiene una combinación de monocotiledóneas (Araceae) y dicotiledóneas (Sapindaceae y Styraceae) (Fig. 15b).

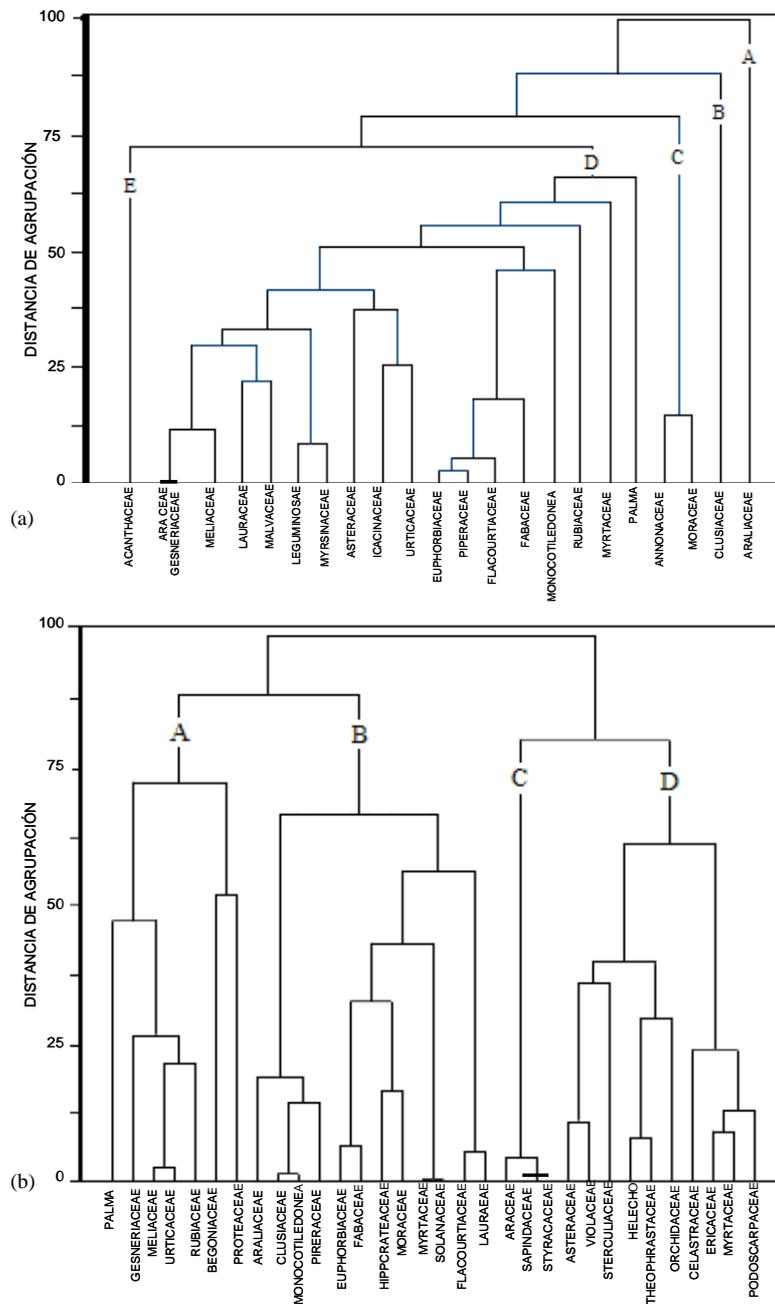


Figura 15. Dendrogramas del análisis de cluster de 23 familias forofitos en el volcán San Martín Tuxtla (a) y 32 familias de forofitos en el Santa Marta (b), basados en la composición de especies de los líquenes folícolos.

d) Análisis de ordenación NMS: Basado en los mismos datos del análisis de conglomerados, muestra semejanzas en la formación de grupos, sin embargo en este análisis podemos ver la similitud en la composición de especies de líquenes folícolos entre cada familia de forofitos y su posición relativa con respecto a otras familias.

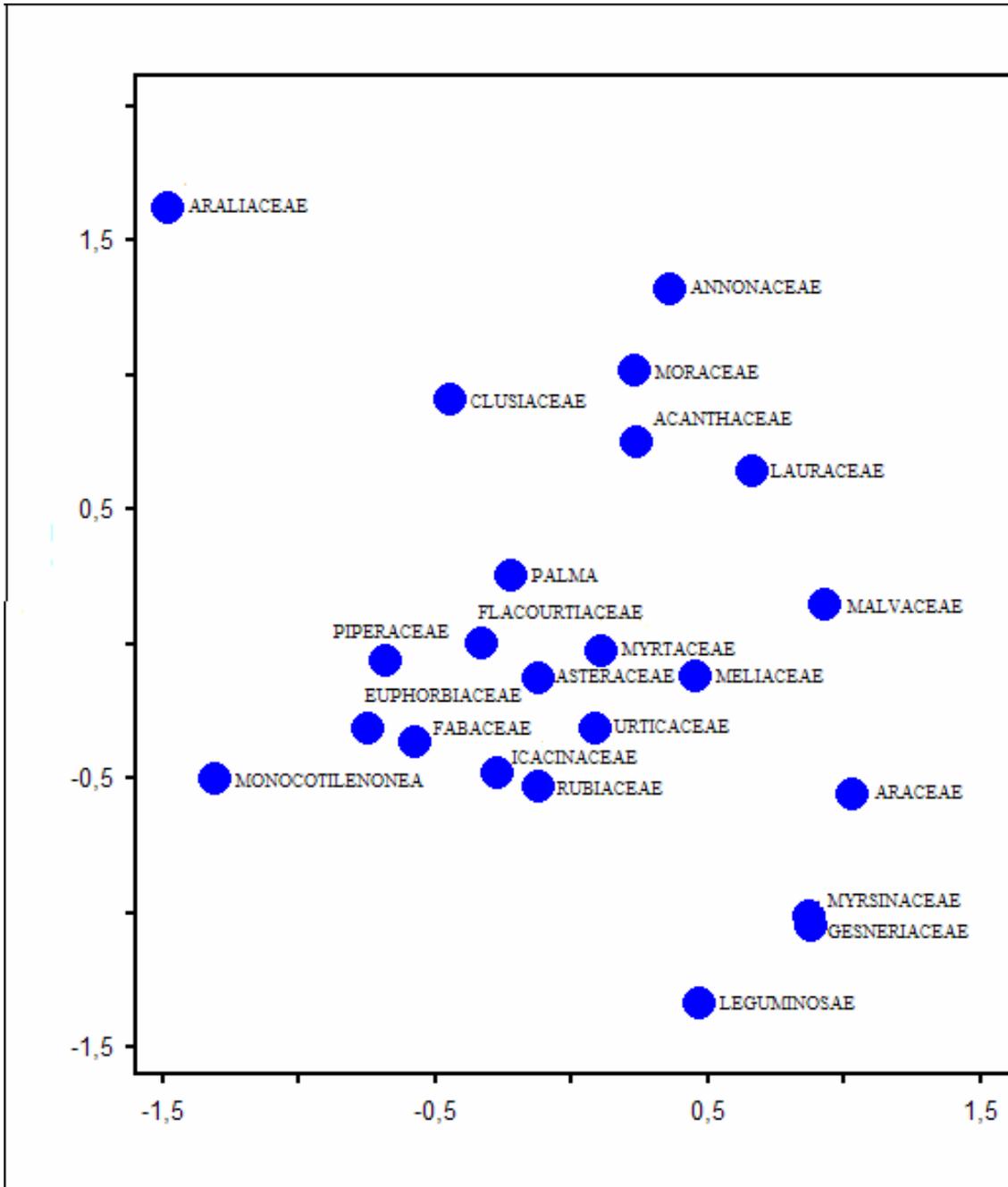


Figura 16: Diagramas del análisis de agrupamiento NMS de los forofitos, en el volcán San Martín Tuxtla. Los puntos representan las familias de los forofitos en donde se encontraron los líquenes folícolos.

En los dos volcanes hubo alta similitud en la composición de especies entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, aunque algunas familias de forofitos formaron grupos ligeramente separados, tal es el caso de Araliaceae, Annonaceae, Moraceae, Clusiaceae, en el San Martín Tuxtla (Fig. 16) y en el Santa Marta en las familias Proteaceae y Begoniaceae principalmente (Fig. 17).

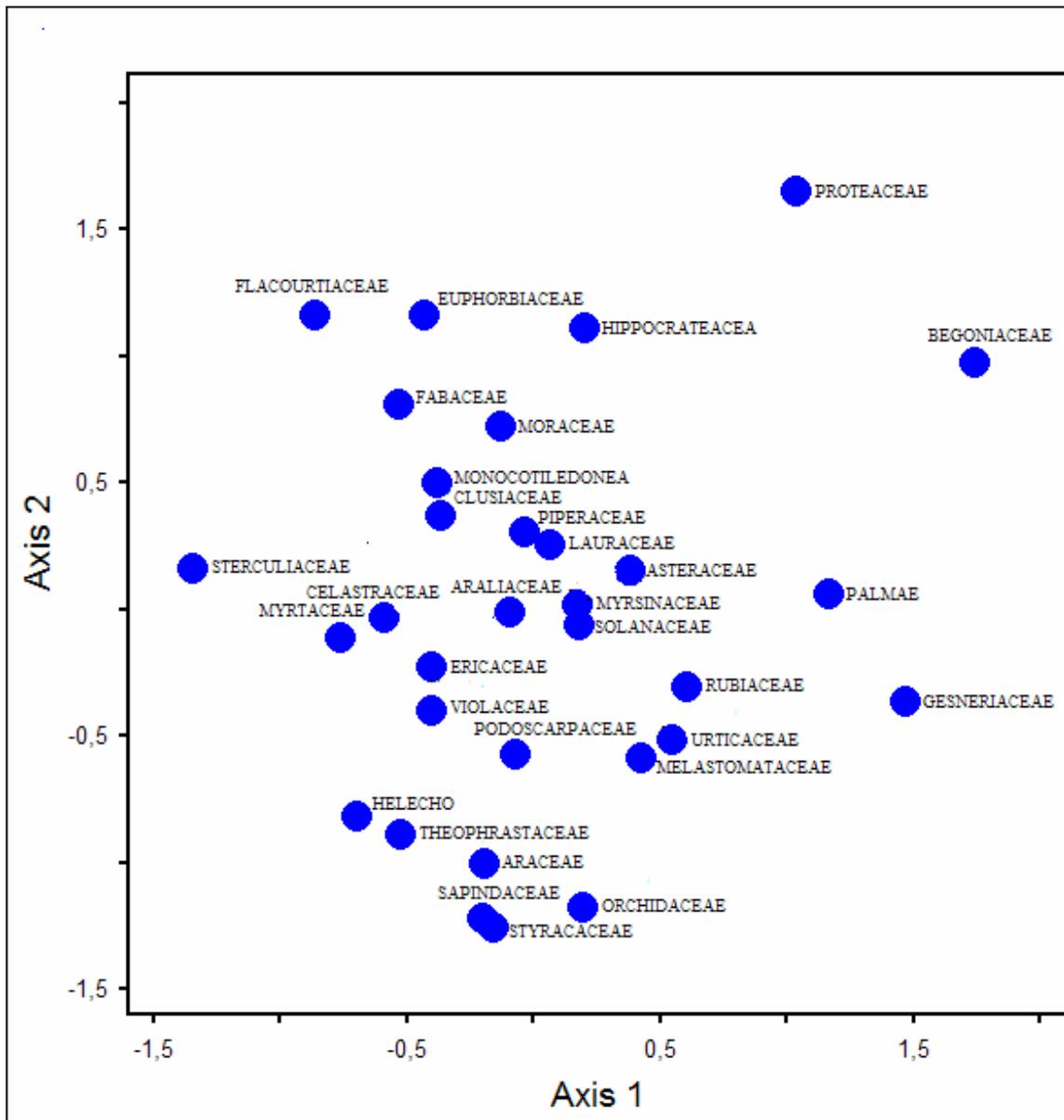


Figura 17: Diagramas del análisis de agrupamiento NMS de los forofitos en el volcán Santa Marta. Los puntos representan las familias de los forofitos en donde se encontraron los líquenes foliícolas.

7.- DISCUSIÓN.

Microclima (altitud, evaporación y luz).

Se observó un aumento en la evaporación y la incidencia de la luz con la altitud en ambos volcanes, este resultado coincide con otros estudios en los cuales se demostró que la evaporación y la luz son los principales parámetros ambientales que limitan la distribución de los líquenes folícolos, y que a su vez la altitud afecta a la evaporación y la luz en las montañas (Lücking, 1998a). Sin embargo existe una excepción en los resultados obtenidos en la vertiente este del volcán San Martín Tuxtla, en temporada lluviosa, dicho volcán se encuentra más cercano al mar que el volcán Santa Marta, por lo que existe mayor humedad proveniente de los vientos que corren del Golfo de México.

Riqueza de especies.

El elevado número de especies de líquenes (157) representa una alta diversidad de especies en una área relativamente pequeña, considerando que en México se han reportado un total de 293 especies (Herrera-Campos *et al.*, 2004), mientras que en otros sitios comparables como la Estación Biológica Jatun Satcha (Ecuador) se han identificado 232 especies (Lucking 1999b), en el sendero Botarrama del Parque Nacional Braulio Carrillo (Costa Rica) 217 especies (Lucking 1999a), y en la Estación Biológica La Selva (Costa Rica) 280 especies Lucking (1999c). No obstante en el presente estudio se encontró baja diversidad de especies en la mayoría de las muestras y en la mayor parte de los forofitos, siendo sólo algunas de estas frecuentes a lo largo de todo el transecto. Además de un porcentaje bajo de endemismo de 1.22% para el San Martín Tuxtla y 2.28% para el Santa Marta en contraste con los resultados de Barcenas Peña (2004) y Lücking (1998 a).

Diversidad de las especies de líquenes folícolos con respecto a la altitud.

Los resultados confirman la utilidad de los líquenes folícolos como indicadores de la altitud en los dos volcanes, puesto que la diversidad de especies disminuyó al

aumentar la altitud, causado por el incremento de la evaporación y la luz, lo que produjo un ambiente desfavorable para el desarrollo de estos organismos. En particular, en el volcán San Martín Tuxtla el cambio significativo en la composición de especies ocurrió a los 1500 m en el este y a los 1400 m en el oeste (Barcenas Peña, 2004), mientras que, y a los 1500 en las dos vertientes en el volcán Santa Marta. En ambos volcanes el cambio en la composición de especies coincidió con el cambio del microclima y de la vegetación de selva alta perennifolia a selva baja perennifolia.

La ligera diferencia de altitud a la cual ocurre el cambio en la composición de especies de líquenes folícolos y de la vegetación en ambos volcanes se explica por el efecto de elevación de masas “Massenerhebungseffekt”, que señala que a lo largo de un transecto altitudinal de una montaña baja, los mismos tipos de vegetación ocurren en elevaciones relativamente más bajas comparado con una montaña alta (Flenley, 1979). De manera similar se observó en Costa Rica (Lücking, 1995) y Ecuador (Lücking, 1999b), el mismo cambio en la composición de especies de líquenes folícolos ocurrió a altitudes mucho más elevadas (2000-2500 m), ya que las montañas alcanzan más de 3000 m.

Algunos de los factores que caracterizan el efecto de elevación de masas son la acumulación de nubes y neblina en las partes altas de las montañas, la influencia del aire proveniente del mar y la disminución de la fertilidad del suelo con la altitud. Este último afecta la diversidad de los líquenes folícolos indirectamente, ya que cuando se modifica la fertilidad del suelo también se modifica el tipo de plantas del lugar, ocasionando que también cambien las especies de líquenes que prefieren a un tipo de planta. Cabe señalar que la disminución de la temperatura no juega un papel importante en el efecto de elevación de masas. Por ejemplo, en montañas de menos de 1000 m de altitud total que están cerca del mar, se puede observar “elfin forest” (selva baja perennifolia) por arriba de los 800 m, similar al “elfin forest” de los Andes a elevaciones mayores de los 2500 m, aunque la temperatura a los 800 m es mucho más alta que a los 2500 m. Las principales consecuencias del efecto de elevación de masas en la vegetación son cambios en la dispersión y nutrición mineral, la biomasa, productividad y tiempo de vida de las hojas (Flenley, 1979; Grubb, 1971, 1977).

La ausencia de correlación lineal en la vertiente este del volcán Santa Marta se debe a los números bajos de diversidad observados entre 800 y 1000 m (13-20 especies) cuando en las otras tres vertientes, los valores para este rango de altitud son más altos (19-67 especies) por lo que presenta una curva Gauss. Lo anterior fue ocasionado a la alta perturbación en el ecosistema consecuencia de un incendio.

Diversidad de las especies de líquenes folícolas con respecto a los forofitos.

Se observó una cierta preferencia de los líquenes folícolas por algunas familias de forofitos. La preferencia se da en el volcán San Martín Tuxtla por Piperaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae. En el volcán Santa Marta por Clusiaceae, Piperaceae y Araliaceae. Estas familias tienen alta similitud en la composición de especies y demás numéricamente están bien representadas, lo cual podría considerarse que condiciona dicha preferencia. Sin embargo se identificó esta preferencia midiendo la frecuencia (presencia-ausencia) de especies de líquenes folícolas en cada familia de forofito encontrada al azar. Lücking (1998a) demostró que la preferencia de los líquenes por un determinado forofito está dada en función de la longevidad y estructura de las hojas, ya que cuando éstas poseen pelos, papilas, glándulas o una longevidad corta, se limita su diversidad, por lo que sólo algunas especies son capaces de colonizar este tipo de hojas, como se pudo constatar con los resultados obtenidos en este estudio, *Coenogonium subluteum*, *Porina epiphylla*, *Gyalideopsis vulgaris* y *Gyalectidium filicinum* en el San Martín y *Tricharia vainioi*, *Gyalectidium filicinum*, *Logilvia gilva*, *Mazosia phyllosema* y *Porina rubentior* en el Santa Marta.

De acuerdo a lo anterior se observa que el cambio en la diversidad de líquenes folícolas no depende solamente de los factores ambientales, sino que está relacionada con las características de los forofitos en un tipo de vegetación que cambia con la altitud.

8.- CONCLUSIONES.

La vegetación de los volcanes San Martín Tuxtla y Santa Marta se encuentra bien conservada por ser zonas de difícil acceso en la región de los Tuxtlas, albergando una alta diversidad de especies de líquenes folícolas; misma que pueden ser resultado de las adaptaciones anatómicas y morfológicas que poseen estos líquenes, principalmente para su reproducción y dispersión.

Fue corroborada la utilidad de los líquenes folícolas como indicadores de zonación altitudinal de la vegetación, ya que existen cambios en la diversidad de especies de líquenes folícolas a cada nivel altitudinal y una correlación entre las comunidades de líquenes y el tipo de vegetación, causado por la zonación altitudinal en ambos volcanes. Las características que limitan o favorecen el establecimiento y distribución de los líquenes folícolas son: la altitud, la evaporación, la luz y el tipo de forofito donde crecen. Lo anterior explica que la diversidad de líquenes folícolas disminuya con la altitud ya que en general la evaporación y la luz aumentan con la altitud, encontrándose un cambio significativo de la similitud en la composición de especies a altitudes diferentes en los dos volcanes, coincidiendo con el inicio del “elfin forest” lo cual se explica por el efecto de elevación de masas “Massenerhebungseffekt”.

Por otra parte también se evidenciaron diferencias en la diversidad de especies de líquenes folícolas entre forofitos, lo cual señala que algunas de ellas tienen preferencia por ciertas familias de plantas vasculares.

Se mostró la alta diversidad de especies de líquenes folícolas en la Sierra de los Tuxtlas en el estado de Veracruz, asimismo siendo este trabajo pionero en México contribuye al conocimiento de liquenoflora folícola y ofrece sustento para estudios posteriores en otras regiones tropicales del país, en donde la selva alta perennifolia, hábitat de los líquenes folícolas, no ha sido explorada.

9.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez, I. y L. Guzmán-Dávalos. 1988. New reports of lichens from Jalisco, Mexico. *Rev. Mex. Micol.* 4: *Mycotaxon.* 48:359-370.

Álvarez, I. y L. Guzmán-Dávalos. 1993. Additions to the lichen flora the State of Jalisco (Mexico). *Mycotaxon.* 48: 359-370.

Anderson, M. C. 1964. Light relations of terrestrial plant communities. *Biol. Rev.* 39: 425-486.

Aptroot, A. y H. J. M. Sipman. 1997. Diversity of lichenized fungi in the tropics. En Hide, K. D. (ed) *Biodiversity of tropical microfungi.* Hong Kong University press. 93-106 pp.

Bannister, P. 1986. Water relation and stress. In: P.D. Moore & S.B. Chapman (eds.). *Methods in Plant Ecology.* Blackwell Scientific Oxford. 73-82 pp.

Bárceñas, P. A. 2004. Los líquenes folícolas como indicadores de la zonación altitudinal y efecto de elevación de masas en el volcán San Martín Tuxtla, Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Instituto de Biología, UNAM, México.

Barrera-Bassols, N. 1995. Ganadería y deforestación en Veracruz: procesos ecológicos y económicos de un espacio tropical. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

Barrillas, R. y R. Lücking. 1992. Líquenes folícolas de Guatemala. Un estudio taxonómico preliminar. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.* 13: 297-317.

Brodo, I; S. Duran y S. Sharnoff. 2001. *Lichens of North American.* Yale. New Haven, London. 795 pp.

Cáceres, M. E. da S., L. C. Maia y R. Lücking. 2000. Follicolous lichens and their lichenicolous fungi in the Atlantic rainforest of Brazil: diversity, ecogeography and conservation. *Bibliotheca Lichenologica*. 75: 47-70.

Clerc, P. y M. A. Herrera-Campos. 1997. Saxicolous species of *Usnea* subgenus *Usnea* (Lichenized Ascomycetes) in North America. *The Bryologist*. 100: 281-301.

Coppins, A. M. y B. J. Coppins. 2002. Indices of ecological continuity for woodland epiphytic lichen habitats in the British Isles. London, British Lichen Society.

Dirzo, R. 1991. Rescate y restauración ecológica de la selva Los Tuxtlas. *Ciencia y Desarrollo XVII (97)*: 33-45.

Dirzo, R. y A. Miranda. 1991. El límite boreal de la selva tropical húmeda en el continente americano: contracción de la vegetación y solución de una controversia. *Interciencia* 16: 240-247.

Dirzo, R., G. Soriano y R. Vogt. 1997. Introducción general. En: González, S., R. Dirzo y R. Vogt. *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología, Instituto de Ecología. UNAM-México, D. F. 3-6 pp.

Farkas, E. É. y H. J. M. Sypman. 1993. Bibliography and checklist of foliicolous lichenized fungi up to 1992. *Tropical Bryology*.7: 93-148.

Ferraro, L. I. y R. Lücking. 1997. New Species or Interesting Records of Foliicolous Lichens. III *Arthonia cristallifera* spec. Nova (Lichenized Ascomycetes: Arthoniaceae), with a World-Wide Key to the Foliicolous Arthoniaceae. *Phyton*. 37: 61-70

Flenley, J. 1979. *The Equatorial Rain Forest: a geological history*. Butterworths. Boston, U. S. 162 pp.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Koeppen: Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. UNAM. 246 pp.

Gómez-Pompa, A. 1978. Ecología de la vegetación del estado de Veracruz. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, A. C. Jalapa, Veracruz. 108 pp.

Guzmán-Dávalos, L. y I. Álvarez. 1987. Observations on the lichens from Jalisco and Chiapas, México. *Rev. Mex. Micol.* 3: 217-230.

Grubb, P. J. 1971. Interpretation of the “Massenerhebung” effect on tropical mountains. *Nature* 229: 44-45.

Grubb, P. J. 1977. Control forest growth and distribution on wet tropical mountains. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 83-107.

Hale, E. M. 1974. The biology of Lichens. William Clowes y Sons. Gran Bretaña. 181 pp.

Hawksworth, D. L., F. Rose y B. J. Coppins. 1973. Changes in lichen flora of England and Wales attributable to pollution of the air by sulphur dioxide. En: Ferry, B. W., B. S. Baddely, y D. L. Hawksworth (eds.). *Air pollution and lichens*. The Atholone Press of University of London.

Herrera-Campos, M. A., P. Clerc, y Nash III. 1998. Pendulous species of *Usnea* from the temperate forests in Mexico. *The Bryologist*. 101: 303-329.

Herrera-Campos, M. A. y R. Lücking. 2002. The foliicolous lichen flora of Mexico. I. New species from Los Tuxtlas Tropical Biology Station, Veracruz. *Lichenologist* 34: 211-222.

Herrera-Campos M. A. y T. H. Nash III. 2000. Sistemática, diversidad y filogenia de líquenes. En Hernández, H. M. García., A. N. Aldrete, F. Álvarez, y M. Ulloa. (eds). *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología, UNAM, México, 305-329 pp.

Herrera-Campos, M. A. y R. Lücking. 2003. The Foliicolous Lichen of Mexico II. New Species from the Montane Forest in Oaxaca and Puebla. *The Bryologist* 106: 1-8.

Herrera-Campos, M. A., C. Martínez, P. Bárcenas y R. Lücking. (2004a). The foliicolous lichen flora of México. III. New species from Volcán San Martín Tuxtla (Sierra de Los Tuxtlas), Veracruz, with Notes on *Fellhanera*. *PHYTON* 44: 167-183.

Herrera-Campos, M. A., R. Lücking, R. E. Pérez-Perez, C. Martínez y P. Bárcenas. (2004b). The foliicolous lichen flora of Mexico. V. Biogeographical affinities, altitudinal preferentes, and an updated checklist of 293 species. *The Lichenologist* 36: 300-327.

INEGI. 2000. Ortofotos de la region de Los Tuxtlas, Escala 1:20000.

Lira, R. y R. Riba. 1984. Aspectos fitogeográficos y ecológicos de la flora pteridofita de la Sierra de Santa Marta, Veracruz, México. *Biótica* 9 (4): 451-467.

Lücking, R. 1995. Biodiversity and conservation of foliicolous lichens in Costa Rica. *Mitt. Eidgenoss Forsch. Anst. Wald Shnee Landsch.* 70: 63-92.

Lücking, R., M. A. Herrera-Campos y P. Martínez-Colín. Clave bilingüe para la identificación de líquenes foliícolas de México. En prep.

Lücking, R. 1997. The use of foliicolous lichens as bioindicators in the tropics, with special reference to the microclimate. *Abstr. Bot.* 21: 99-116.

Lücking, R. 1998a. Ecology of foliicolous lichens at the Botarrama trail (Costa Rica) a neotropical rain forest site. II. Patterns of diversity and area cover and their dependence on microclimate and phorophyte species. *Ecotrop.* 4: 1-64.

Lücking, R. 1998b. Foliicolous lichens and their lichenicolous fungi collected during the Smithsonian International Cryptogamic Expedition to Guyana 1996. *Trop. Bryol.* 15: 45-76.

Lücking, R. 1999a. Ecology of foliicolous lichens at the Botarrama trail (Costa Rica) a neotropical rain forest site. IV. Species associations, their salient features, and their dependence on environmental variables. *Lichenologist*. 31: 269-289.

Lücking, R. 1999b. Folliicolous lichens and their lichenicolous fungi from Ecuador, with a comparison of lowland and montana rainforest. *Willdenowia*. 29: 299-335.

Lücking, R. 1999c. Nuevos registros de líquenes folícolas para la Estación Biológica La Selva (Costa Rica) y para el Neotrópico. *Rev. Biol. Trop.* 49: 765

Lücking, R. y R. Santesson. 2001. New species or interesting records of foliicolous lichens. VIII. Two new taxa from tropical Africa, with a key to sorediate *Fellhanera* species. *Lichenologist*. 33: 111-116.

Lücking, R. y P. Colín. 2004. Rapid Lichen Guides: Folliicolous Lichens of the World. The Field Museum, Chigaco, IL. 39 pp.

Martín-Del Pozzo, A. 1997. Geología. En: González, S., R. Dirzo y R. Vogt. Historia Natural de Los Tuxtlas. Instituto de Biología, Instituto de Ecología. UNAM- México, D. F. 25-31 pp.

Messing, I. 1998. A simple practical evaporimeter: comparison of Andersson evaporimeter with Class A pan, Piche atmometer and Penman evaporation. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 12: 275-290.

Nash III, H. T. 1996. Lichen Biology. Cambridge University Press. Autralia. 303 pp.

Nash III, T. H., B. D. Ryan, C. Gries y F. Burgartz. 2002. Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Vol. 1. Thomson-Shore, Inc. Dester. MI. Estados Unidos de América. 532 pp.

Nash III T. H., B. D. Ryan, C. Gries y F. Burgartz. 2004. Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region. Vol. 2. Thomson-Shore, Inc. Dester. MI. Estados Unidos de América. 742 pp.

Pare, O. L., H. E. Velásquez y M. R. Gutiérrez. 1997. La Reserva Especial de la Biósfera Sierra de Santa Marta. SEDUE. Jalapa Veracruz. 118 pp.

Pérez-Pérez, R. E. y Herrera-Campos, M. A. 2004. Macrolíquenes de los Bosques de la Sierra de Juárez, Oaxaca. En: García-Mendoza, Ordóñez, M. J. y Briones-Salas (eds). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM. Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 327-332 pp.

Putman R. J. 1994. Community ecology. Chapman & Hall, London, United Kingdom. 178 pp.

Ramírez, R. F. 1999. Flora y vegetación de la Sierra de Santa Marta, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Rogers, R. W. 1989. Colonization, growth, and survival strategies of lichens on leaves in a subtropical rainforest. Australian Journal of Ecology. 14: 327-333.

Rosse, F. 1992. Temperate forest management: its effects on bryophyte and habitats. In: Bates JW. Farmer AM (Eds.) Bryophytes and lichens in a changing environment. Oxford, Oxford Science Publications. 211-233.

Ryan, B., T. H. Nash III y M. A. Herrera-Campos. 1996. Catalogue of the Lichens of México. <http://lichen.la.asu/sonoran.desert/checkmex/html>.

Santesson, R. 1952. Foliicolous lichens I. A revision of the taxonomy of the obligately foliicolous lichenized fungi. Symb. Bot. Ups. 12(1): 1: 590.

Soto, M. y L. Gama. 1997. Climas. En: González, S., R. Dirzo y R. Vogt. Historia Natural de Los Tuxtlas. Instituto de Biología, Instituto de Ecología. UNAM- México, D. F. 7-23 pp.

Steven, G. N., U. Arup, R. Baranowski y S. Ekmans. 1995. Tree-dependent lichens and beetles as indicators in conservation forest. *Conservation Biology* 9: 1208-1215.

Sutton, B. 1996. *Fungi and Mycology*. Cambridge University Press. Cambridge. 293-320 pp.

Wolseley, P. A. 1991. Observations on the composition and distribution of the *Lobarium* in the forests of south east Asia. En: Galloway, D. J. (Ed.) *Tropical lichens: their systematics, conservation, and ecology*. Oxford, Clarendon Press. 217-243.

Zambrano, A., T. H. Nash III y M. A. Herrera-Campos. 2000. Lichen decline in Desierto de los Leones, Mexico, City. *Bryologist* 103: 428-441.

APÉNDICE I. Matriz de datos. Volcán San Martín Tuxtla. Especies de líquenes foliícolas encontradas en cada familia de forofito para realizar el análisis de χ^2 . SPLF= especies de líquenes foliícolas citadas en la cuadro 1, FORO= familias de los forofitos (ver cuadro 2), SOBS= número de especies observadas y SESP= número de especies esperadas.

| | FORO | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P8 | P10 | P11 | P12 | P13 | P16 | P17 | P18 | P19 | P21 | P22 | P23 | P24 | P25 | P27 | P28 | P31 | P37 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| SPLF | ESP | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |
| SF2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| SF3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| SF13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| SF30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF36 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SF35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF42 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF44 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| SF47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| SF57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| SF59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| SF60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF73 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF64 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF67 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF69 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF70 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF73 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

APÉNDICE I. Continuación.

| | FORO | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P8 | P10 | P11 | P12 | P13 | P16 | P17 | P18 | P19 | P21 | P22 | P23 | P24 | P25 | P27 | P28 | P31 | P37 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | OBS | 10 | 10 | 5 | 1 | 26 | 12 | 55 | 35 | 33 | 3 | 30 | 8 | 9 | 7 | 13 | 91 | 12 | 5 | 27 | 29 | 53 | 24 | 20 |
| | ESP | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 | 22.5 |
| SPLF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SF81 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF82 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF83 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF84 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF89 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF94 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF95 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF98 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SF99 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF100 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF101 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF102 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF103 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF106 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF107 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF108 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF109 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF104 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF105 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF110 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF112 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| SF114 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF115 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SF116 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF117 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| SF113 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF118 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF119 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF120 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF122 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF121 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF123 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF124 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF125 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| SF126 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| SF127 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| SF128 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SF129 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SF132 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF131 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF133 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF136 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF136 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF134 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF137 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF140 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF139 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| SF141 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SF142 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| SF143 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF144 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF145 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| SF146 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF147 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF148 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SF150 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| SF151 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| SF154 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SF153 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF152 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| SF157 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

