

**BRIOFLORES SOBRE TALUDES DEL TRANSECTO MAYAGÜEZ-MARICAO  
(PUERTO RICO)**

Por

Eliana Ximena Narváez-Parra

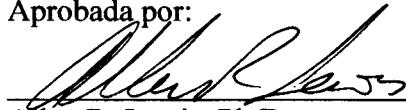
Tesis sometida en cumplimiento parcial  
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS  
en

BIOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2003

Aprobada por:

  
Allen R. Lewis, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

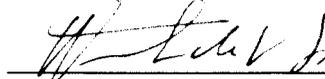
8 x 11 03  
Fecha

  
Ramón I. Torres, Ph.D.  
Miembro, Comité Graduado

8 de diciembre de 2003  
Fecha

  
Duane A. Kolterman, Ph.D.  
Presidente, Comité Graduado

8 de diciembre de 2003  
Fecha

  
Winston de la Torre, Ph.D.  
Representante Estudios Graduados

8/dic/03  
Fecha

  
Lucy B. Williams, Ph.D.  
Directora del Departamento de Biología

9 Dec 2003  
Fecha

## ABSTRACT

The bryoflora was determined on roadside banks along the transect Mayagüez-Maricao that begins in the municipality of Mayagüez at an elevation of 15 m on highway 108 and culminates in the municipality of Maricao on highway 120 South at an elevation of 472 m. During the months of February to April of 2003 an ecological inventory was carried out at five sampling stations of 10 m<sup>2</sup> each, in which 3 m<sup>2</sup> were chosen at random to collect the bryophyte species and to determine cover. In the month of May of the same year a floristic inventory was carried out at 13 sampling stations along the studied transect. Analysis of similarity among the stations, variance, distribution and association among species were analyzed. *Dicranella hilariana*, *Fossombronia brasiliensis*, *Lejeunea cladogyna* and *Philonotis uncinata* were the most frequent species and those with wide distribution on the highway banks.

## RESUMEN

Se determinó la brioflora sobre taludes de carretera del transecto Mayagüez-Maricao, que inicia en el municipio de Mayagüez a 15 m de altura en la carretera 108 y culmina en el municipio de Maricao en la carretera 120 Sur, a 472 m de altura. Durante los meses de febrero a abril de 2003 se realizó un inventario ecológico en cinco estaciones de muestreo de 10 m<sup>2</sup> cada una; se escogieron al azar 3 m<sup>2</sup> para colectar las especies de briofitos y determinar cobertura. En el mes de mayo del mismo año se llevó a cabo un inventario florístico en 13 estaciones de muestreo en el transecto estudiado. Se realizaron análisis de similitud entre las estaciones, varianza, distribución y asociación entre especies.

*Dicranella hilariana*, *Fossombronia brasiliensis*, *Lejeunea cladogyna* y *Philonotis uncinata* fueron las especies más frecuentes y con amplia distribución sobre los taludes de carretera.

**DEDICATORIA**

***A MI FAMILIA  
A PITO***

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mis agradecimientos al Dr. Duane Kolterman por aceptar la dirección de esta investigación, por su colaboración y recomendaciones. A los miembros del comité graduado, Drs. Allen Lewis y Ramón I. Torres por su ayuda y colaboración en la realización de éste trabajo.

Agradezco a la Dra Inés Sastre por el préstamo del GPS, el clinómetro y por trasladarme al área de muestreo, al igual que a Elio, Richard y a los estudiantes de Problemas Especiales en Botánica, Amelia, Ivett, Javier y José Luis.

Agradezco al Departamento de Agricultura, Servicio de Conservación de Suelos (USDA-TARS) por suministrar el material bibliográfico de los suelos del área oeste de Puerto Rico.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
LITERATURA REVISADA.....	4
Brioflora en Puerto Rico.....	4
Brioflora sobre taludes.....	6
Brioflora en América Tropical.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Área de estudio.....	10
Inventario ecológico.....	11
Inventario florístico.....	12
Identificación.....	12
Análisis estadístico.....	12
RESULTADOS.....	17
Inventario ecológico.....	18
Similitud de las estaciones de muestreo.....	18
Análisis de varianza de las coberturas.....	19
Análisis de asociación.....	19
Análisis de distribución.....	21

Inventario florístico.....	22
DISCUSIÓN.....	24
CONCLUSIONES.....	34
RECOMENDACIONES.....	35
LITERATURA CITADA.....	36
TABLAS.....	42
FIGURAS.....	79

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Localización de las estaciones de muestreo del inventario ecológico .....	43
<b>Tabla 2.</b> Localización de las estaciones de muestreo del inventario florístico.....	44
<b>Tabla 3.</b> Lista de especies del inventario ecológico en las cinco estaciones de muestreo.....	45
<b>Tabla 4.</b> Lista de las especies de briofitos del inventario florístico.....	48
<b>Tabla 5.</b> Sustratos en los cuales se encontraron las especies de briofitos de los inventarios florístico y ecológico.....	56
<b>Tabla 6.</b> Formas de crecimiento de las especies de briofitos encontradas en el transecto Mayagüez-Maricao.....	63
<b>Tabla 7.</b> Índices de asociación interespecífica para la estación 2, inventario ecológico.....	69
<b>Tabla 8.</b> Índices de asociación interespecífica para la estación 3, inventario ecológico.....	70
<b>Tabla 9.</b> Índices de asociación interespecífica para la estación 4, inventario ecológico.....	71
<b>Tabla 10.</b> Índices de asociación interespecífica para la estación 5, inventario ecológico.....	72
<b>Tabla 11.</b> Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 1, inventario ecológico.....	74
<b>Tabla 12.</b> Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 2, inventario ecológico.....	75
<b>Tabla 13.</b> Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 3, inventario ecológico.....	76

<b>Tabla 14.</b> Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 4, inventario ecológico.....	77
<b>Tabla 15.</b> Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 5, inventario ecológico.....	78

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Suelos del transecto Mayagüez-Maricao y ubicación de los sitios de muestreo.....	80
<b>Figura 2.</b> Ubicación del cuadrante y subcuadrante sobre los taludes.....	81
<b>Figura 3.</b> Ubicación del subcuadrante de 20 cm <sup>2</sup> sobre el talud.....	82
<b>Figura 4.</b> Método del TTLQV para determinar los patrones de distribución en cada transecto del inventario ecológico.....	83
<b>Figura 5.</b> Agrupamiento de las estaciones de muestreo del inventario ecológico.....	84
<b>Figura 6.</b> Agrupamiento de las especies de briofitos del inventario ecológico.....	85
<b>Figura 7.</b> Distribución al azar del musgo <i>Barbula indica</i> en el inventario ecológico, estación 2.....	86
<b>Figura 8.</b> Distribución al azar del musgo <i>Calymperes afzelii</i> en el inventario ecológico, estación 3.....	87
<b>Figura 9.</b> Distribución al azar del musgo <i>Callicostella pallida</i> en el inventario ecológico, estación 4.....	88
<b>Figura 10.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Chryso-hypnum diminutivum</i> en el inventario ecológico, estación 1.....	89
<b>Figura 11.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Dicranella hilariana</i> en el inventario ecológico. (a) Estación 2; (b) estación 4; (c) estación 5.....	90
<b>Figura 12.</b> Distribución al azar del musgo <i>Fissidens angustifolius</i> en el inventario ecológico, estación 4.....	91
<b>Figura 13.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Fissidens elegans</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	92
<b>Figura 14.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Isopterygium tenerifolium</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	93

<b>Figura 15.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Philonotis uncinata</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	94
<b>Figura 16.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Philonotis sphaerocarpa</i> en el inventario ecológico, estación 3.....	95
<b>Figura 17.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Pogonatum tortile</i> en el inventario ecológico. (a) Estación 2; (b) estación 5.....	96
<b>Figura 18.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Pterogonidium pulchellum</i> en el inventario ecológico, estación 3.....	97
<b>Figura 19.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Sematophyllum subpinnatum</i> en el inventario ecológico, estación 3.....	98
<b>Figura 20.</b> Distribución agrupada del musgo <i>Taxithelium planum</i> en el inventario ecológico. (a) estación 1, (b) estación 3.....	99
<b>Figura 21.</b> Distribución agrupada de la hepática <i>Calypogeia laxa</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	100
<b>Figura 22.</b> Distribución agrupada de la hepática <i>Dumortiera hirsuta</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	101
<b>Figura 23.</b> (a) Estación 1, distribución al azar de la hepática <i>Fossombronia brasiliensis</i> ; (b) estación 2, distribución agrupada. Inventario ecológico.....	102
<b>Figura 24.</b> Distribución agrupada de la hepática <i>Fossombronia brasiliensis</i> en el inventario ecológico. (a) estación 4; (b) estación 5.....	103
<b>Figura 25.</b> Distribución agrupada de la hepática <i>Lejeunea cladogyna</i> en el inventario ecológico, estación 1.....	104
<b>Figura 26.</b> Distribución de la hepática <i>Lejeunea glaucescens</i> en el inventario ecológico. (a) Estación 1: distribución agrupada; (b) estación 4: distribución al azar.....	105
<b>Figura 27.</b> (a) Estación 4: distribución agrupada de la hepática <i>Lophocolea bidentata</i> ; (b) estación 5, distribución al azar. Inventario ecológico.....	106
<b>Figura 28.</b> Distribución agrupada de la hepática <i>Marchantia chenopoda</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	107

<b>Figura 29.</b> Distribución agrupada de la hepática <i>Riccardia digitiloba</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	108
<b>Figura 30.</b> Distribución al azar de la hepática <i>Taxilejeunea obtusangula</i> en el inventario ecológico, estación 4.....	109
<b>Figura 31.</b> Distribución al azar de <i>Anthoceros punctatus</i> en el inventario ecológico, estación 4.....	110
<b>Figura 32.</b> Distribución al azar de <i>Phaeoceros laevis</i> en el inventario ecológico, estación 5.....	111
<b>Figura 33.</b> Curva de saturación de las especies de musgos del inventario florístico.....	112
<b>Figura 34.</b> Curva de saturación de especies de hepáticas del inventario florístico. ....	113
<b>Figura 35.</b> Distribución de las especies de briofitos en el transecto Mayagüez-Maricao. Inventario florístico. ....	114
<b>Figura 36.</b> Recolonización de <i>Fossombronia brasiliensis</i> después de la remoción de la vegetación superior y aplicación del glifosato. Los parches negros corresponden al musgo <i>Dicranella hilariana</i> muerto.....	115

## INTRODUCCIÓN

La flora de briofitos en Puerto Rico está compuesta de especies de amplia distribución en América Tropical. Los briofitos son cosmopolitas y al igual que la mayoría de plantas, su distribución depende principalmente de factores como el clima, la altura y las condiciones del hábitat. La mayoría de trabajos sobre briofitos en la isla, se han realizado en áreas protegidas por el Departamento de Recursos Naturales y no se ha considerado la vegetación urbana que encontramos a lo largo de las carreteras, que también aporta significativamente al conocimiento de especies, que pueden considerarse resistentes a la contaminación, impacto de la lluvia, radiación solar y modificaciones del paisaje. Aproximadamente el 75% de las tierras de Puerto Rico fueron deforestadas a principios del siglo pasado (Hill, 1899). Cambios drásticos en el hábitat fueron observados en el Bosque de Maricao, Cerro Punta y Monte Alegre en Toro Negro, por la construcción de antenas de comunicación y carreteras a través de las montañas (Sastre y Tan, 1995).

Los programas y políticas de conservación que se han fomentado en los trópicos, no involucran a los briofitos (Sastre y Tan, 1995). Los taludes de carretera presentan una clara intervención antrópica que influye en el establecimiento de la cobertura de briofitos, de ahí, la importancia de llevar a cabo inventarios florísticos en estas áreas, que permitan el conocimiento de las especies más frecuentes y raras, además de registrar su distribución a partir de análisis ecológicos. Estos parámetros constituyen los primeros pasos para implementar programas de conservación en estos sustratos que están

desprotegidos por las entidades gubernamentales en cuanto a planes de manejo y conservación de especies.

En este trabajo se determina la brioflora sobre taludes de carretera que se encuentran entre los municipios de Mayagüez y Maricao. También se analiza la distribución y los tipos de asociación entre especies de este tipo de sustrato.

## **OBJETIVOS**

El propósito de este estudio fue determinar la flora de briofitos que caracteriza los taludes de carretera desde el municipio de Mayagüez hasta el municipio de Maricao, contribuyendo así al conocimiento de la brioflora de estos sitios alterados y expuestos. Se propusieron los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un inventario ecológico para calcular la cobertura de las especies de briofitos por estación de muestreo.
- Determinar la similitud de las estaciones de muestreo según la composición y cobertura de briofitos.
- Realizar un inventario florístico en el transecto Mayagüez-Maricao de los briofitos sobre los taludes de carretera.

## LITERATURA REVISADA

El conocimiento de la flora de briofitos de zonas alteradas y expuestas como los taludes de carretera, permite detectar especies dominantes y tolerantes a la radiación solar, contaminación e intervención antrópica, constituyendo así un elemento importante en los procesos de manejo y conservación de este tipo de vegetación urbana.

### **Brioflora en Puerto Rico**

En los inventarios cuantitativos se identifican las plantas en parcelas de un área determinada o bosque y esto permite establecer una idea de la diversidad de especies y la dinámica de los bosques, esenciales para algunos planes de conservación y utilización de los mismos. Las áreas que presenten destrucción inminente son las de prioridad para realizar un inventario florístico (Campbell, 1989). Durante las exploraciones briológicas realizadas entre 1818 y 1887 se registraron para la isla 112 especies de briofitos. Para la primera década de 1900 se destacaron los trabajos de N. Britton y E. Britton para musgos. De 1939 a 1940 Crum y Steere registraron 268 especies de musgos en 106 géneros y 33 familias y en 1957 contribuyen con el conocimiento de los musgos de Puerto Rico e islas Vírgenes (Sastre y Santiago, 1996). Actualmente, la flora de musgos comprende 284 taxa distribuidos en 121 géneros. En Puerto Rico, *Fissidens*, *Campylopus* y *Syrrhopodon* son los géneros de musgos más abundantes con 32, 10 y 9 especies respectivamente; la familia Callicostaceae es la más diversa y se encuentra representada por 15 géneros. Las abundancias más altas de musgos se han encontrado en los bosques de Luquillo, Maricao

y Toro Negro, se han registrado 155, 100 y 95 especies respectivamente (Sastre y Buck, 1993). Sobre las hepáticas y antoceros de Puerto Rico, se destacan los trabajos de Hampe y Gottsche (1852); sobre las lejeunaceas se destacan los trabajos de Evans en la primera década de 1900; Pagán (1939) registró 244 especies de hepáticas; Fulford et al. (1970, 1971) estudiaron la ecología y distribución de hepáticas foliosas en las montañas de Luquillo; Bryant et al. (1973) estudiaron la distribución de algunas hepáticas en Puerto Rico. El conocimiento actual sobre la flora de hepáticas y antoceros para Puerto Rico, está resumido por la clave de Gradstein (1989), quien registró 237 especies en 92 géneros para hepáticas y tres familias, cinco géneros y cinco especies para antoceros .

La mayoría de estudios sobre la brioflora de la isla se han realizado principalmente en los bosques públicos, hasta el momento ninguno se relaciona con la presencia de esta vegetación sobre taludes de carretera. Cuatro estudios recientes sobre la flora de briofitos se han realizado. Serrano (1997) estudió los musgos de sitios perturbados de cinco bosques de la costa norte de Puerto Rico, reportando 33 especies en 26 géneros, las familias con el mayor número de especies fueron Fissidentaceae e Hypnaceae. Escorcia-Ariza (1998) investigó el deterioro de la flora briológica en localidades industrializadas del área metropolitana de San Juan, a partir de un inventario florístico y por comparación con la flora de comienzos de siglo donde observó cambios en la dinámica de los bosques fragmentados, disminución de la diversidad, cobertura y un alto grado de perturbación generado por las industrias, la urbanización, el tráfico vehicular y la deforestación. Reyes-Colón (1999) estudió la brioflora de dos sumideros en la zona cárstica norte central de Puerto Rico, localizados en el Parque de las Cavernas del Río Camuy, encontrando poca similaridad de la brioflora entre los sumideros y el bosque

cercano. Rosado-Martínez (1999) realizó un estudio de la flora criptogámica del bosque Palma de Sierra en el Bosque Estatal de Toro Negro después del huracán Georges, que causó efectos negativos en la flora criptogámica por la acción del viento, lluvia y especialmente por la apertura de dosel.

### **Brioflora sobre taludes**

La mayoría de los briofitos difieren de las plantas con semillas en su tolerancia ecológica; pueden encontrarse en superficies duras como rocas y corteza de árboles, que no pueden ser invadidas por la mayoría de plantas. Además, pueden colonizar la superficie del suelo y su presencia puede ser corta, porque la cobertura de briofitos a menudo inicia cambios en el sustrato que lo hace apropiado para la colonización de otras plantas. Los musgos de sitios abiertos frecuentemente muestran formas de crecimiento en pequeños céspedes, compuestos de muchos vástagos menores de un centímetro de alto, lo cual les permite tolerar alta iluminación y desecación. Las alfombras o tapetes como en las hepáticas talosas son usualmente tolerantes a la desecación por su organización estructural (Schofield, 1985). Sobre pequeñas lomas o depósitos de tierra (taludes) y barrancos, los briofitos más comunes son especies de *Fissidens*, *Bryum*, *Callicostella*, *Campylopus*, *Hyophila*, *Hydrogonium*, *Hookeropsis*, *Pogonatum* y especies de Lepidoziaceae. Estos briofitos en bosques tropicales lluviosos crecen en forma de pequeños cojines, tapetes o como vástagos separados (Pócs, 1982).

En suelos con pendientes bajas, las cortezas microfíticas pueden reducir la erosión, suministrando una barrera física a los riachuelos, incrementando la dureza de la superficie y/o incrementando la agregación del suelo. La relación entre la cobertura

microfítica compuesta de asociaciones de musgos, hepáticas, líquenes, cianobacterias, hongos y bacterias y la erosión se ha estudiado en suelos calcáreos alterados de las tierras bajas semiáridas del este de Australia. Los briofitos presentes en estas coberturas calcáreas incluyen *Bryum argenteum*, *B. pachythea*, *Crossidium davidai*, *C. geheebii*, *Didymodon torquatus*, *Gigaspermum repens*, *Riccia limbata*. Esta cobertura ayuda a unir las partículas de la superficie del suelo y estabiliza la superficie contra la erosión del agua y viento, aumentando la captación de la lluvia e influenciando la redistribución de las corrientes a través del paisaje (Eldridge y Kinnell, 1997).

### **Brioflora en América Tropical**

En la región tropical, cerca del 80% de los briofitos de todos los bosques están representados por las siguientes familias: Calymperaceae, Fissidentaceae, Meteoriaceae, Neckeraceae, Pterobryaceae y Sematophyllaceae para los musgos, y Frullaniaceae, Lejeuneaceae, Lepidoziaceae, Plagiochilaceae y Radulaceae para hepáticas (Gradstein y Pócs, 1989). Para el Neotrópico se conocen aproximadamente 4000 especies de briofitos (2600 musgos, 1350 hepáticas y 30 antoceros) distribuidos en 595 géneros y 120 familias. Las familias más grandes de musgos en el Neotrópico, en términos del número total de especies son: Pottiaceae, Pilotrichaceae, Dicranaceae, Bryaceae, Fissidentaceae, Macromitriaceae, Sphagnaceae, Sematophyllaceae, Hypnaceae y Orthotrichaceae. Entre las hepáticas, la familia más grande para América Tropical es la Lejeuneaceae con más de 400 especies en 70 géneros. Para las Indias Occidentales la diversidad de hepáticas incluye cerca de 120 géneros, en cuanto a la diversidad de musgos posiblemente se

encuentren en un orden de 500 a menos especies, encontrándose cerca del 5-10% de especies endémicas (Gradstein et al., 2001).

Para los bosques de tierras bajas en la zona tropical, los briofitos se pueden encontrar desde el nivel del mar hasta la base de las montañas a los 300 ó 500 metros de altura. La mayoría de los briofitos son epífitos sobre las cortezas u hojas vivas, sobre suelos y rocas son menos frecuentes. Los musgos están representados principalmente por cuatro familias: Calymperaceae, Fissidentaceae, Pilotrichaceae y Sematophyllaceae (Schofield, 1985). Las hepáticas son normalmente más numerosas que los musgos; para Puerto Rico la mayoría corresponden a la familia Lejeunaceae, una de las más diversas, usualmente epifíticas, aunque algunas crecen sobre roca o suelo (Gradstein, 1989).

La flora de briofitos en bosques tropicales secos es pobre comparada con la de bosques tropicales lluviosos; las formas de crecimiento de las especies asociadas con atmósferas húmedas están ausentes o se restringen a microclimas localmente favorables. Muchos géneros y algunas familias como las Calymperaceae, Leucophanaceae y Meteoriaceae entre los musgos y las Lejeunaceae y Radulaceae entre hepáticas son principalmente tropicales. Otros taxa como el género *Fissidens* y las familias Hookeriaceae, Sematophyllaceae y Frullaniaceae conocidas para zonas templadas, están bien representadas en los trópicos. Otras familias, por ejemplo Bryaceae, Hypnaceae, Polytrichaceae, Sphagnaceae, Lepidoziaceae y Marchantiaceae son numerosas en regiones tropicales y templadas. Especies de briofitos que ocurren en regiones templadas y también a bajas altitudes en los trópicos son escasas; ellos incluyen *Bryum argenteum*, *Campylopus introflexus*, especies de *Sphagnum* y *Lejeunea flava*; algunas de estas especies se encuentran en sitios alterados. El incremento en la abundancia y la riqueza de

especies de briofitos con aumentos en la elevación sugieren que las altas temperaturas son desfavorables para el desarrollo de una rica y variada flora de briofitos. En suelos alterados de bosques montanos en los trópicos, las comunidades de briofitos son similares a aquellas en bosques de tierras bajas, pero la información al respecto es escasa (Richards, 1984).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El transecto Mayagüez-Maricao inicia en el municipio de Mayagüez a 15 m de altura en la carretera 108 que conduce al Zoológico Dr. Juan A. Rivero, posteriormente se tomó la ruta que conduce al municipio de Maricao por la carretera 106 Este, se tomaron las carreteras 119 Sur, 357 Este, finalizando en la carretera 120 Sur a 472 m de altura (Figura 1). De acuerdo a la clasificación de Ewel y Whitmore (1973) el área de estudio corresponde a las zonas de vida Bosque húmedo subtropical y Bosque muy húmedo subtropical con una precipitación promedio anual de 1000 a 1100 mm y 2000 a 4000 mm y una temperatura promedio entre los 18 y 24 °C respectivamente. El transecto de estudio se encuentra entre las asociaciones de suelos de los llanos inundables, Coloso-Toa y en la asociación de rocas volcánicas, Consumo-Humatas (Figura 1). La asociación Coloso-Toa se caracteriza por poseer suelos casi nivelados y porosos que son lómicos en toda su profundidad (Gierbolini, 1975).

La asociación Consumo-Humatas presenta suelos fuertemente lavados, arcillosos, pegajosos y plásticos que yacen sobre capas gruesas de roca meteorizada en un clima muy húmedo. Casi todos los suelos de esta asociación ocurren en colinas riscosas divididas entre sí por cauces de desagüe, son ácidos, con permeabilidad moderada y textura fina. Los suelos Consumo poseen capas superficiales pardas rojizas y subsuelos delgados y rojos, los suelos Humatas tienen capas superficiales pardas oscuras, subsuelos

gruesos y rojos. El escurrimiento es rápido y gran parte de la capa superficial se ha perdido por la erosión (Gierbolini, 1975).

### **Inventario ecológico**

El área de estudio se escogió mediante un recorrido realizado en el mes de enero de 2003, a partir de una inspección visual, para observar la composición de la vegetación de los taludes de carretera en el transecto Mayagüez-Maricao y delimitar las estaciones de muestreo (Tabla 1), las cuales se ubicaron cada 100 m de altura aproximadamente.

El inventario ecológico de la flora de briofitos se realizó durante los meses de febrero a abril de 2003; se establecieron cinco estaciones de muestreo de 10 m<sup>2</sup> cada una, para un total de 50 m<sup>2</sup>. Cada estación se dividió en diez segmentos de un metro cuadrado de los cuales se seleccionaron aleatoriamente tres para coleccionar las muestras de briofitos, los cuales se muestrearon utilizando un cuadrante elaborado con tubos de PVC que cubría un área de un metro cuadrado, dividido en 25 subcuadrantes de 400 cm<sup>2</sup>, el cual se colocó desde la base del talud hasta un metro de altura (Figura 2). Para calcular la cobertura de especies se utilizó un cuadrante de 400 cm<sup>2</sup> subdividido en 100 subcuadrantes de cuatro centímetros cuadrados (Figura 3); Daubenmire (1968) y Goldsmith et al. (1986) (citados de McCune y Lesica, 1992), consideraron áreas de muestreo de 0.01-0.10 m<sup>2</sup> apropiados para briofitos y pequeñas plantas vasculares. Se colectó una muestra representativa de briofitos, la cual se almacenó en sobres de papel; cada muestra se clasificó en campo como morfoespecie para posteriormente observarse e identificarse en el laboratorio.

### **Inventario florístico**

Se realizó un recorrido en la ruta que conduce del municipio de Mayagüez a Maricao durante el mes de mayo de 2003, cubriendo una longitud aproximada de 27.3 km. Se realizó una inspección visual y se colectaron muestras de briofitos que se encontraron sobre los taludes de carretera en 13 estaciones de muestreo (Tabla 2), las cuales se establecieron a lo largo del transecto dependiendo de la dificultad del terreno y de la presencia de taludes; el material colectado se guardó en sobres de papel con su respectiva información de campo para su posterior identificación.

### **Identificación**

Las muestras colectadas de briofitos se identificaron siguiendo las claves taxonómicas de Buck (1998), Churchill y Linares (1995), Crum y Steere (1957), Fulford (1968), Fulford (1976), Gradstein (1989), Gradstein et al., (2001), Miller y Russell (1975), además del listado de musgos para Puerto Rico de Sastre y Buck (1993). Parte del material identificado se envió para confirmación al Herbario de Criptogamia del Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC). El material restante se encuentra depositado en el Herbario del Recinto Universitario de Mayagüez (MAPR) de la Universidad de Puerto Rico.

### **Análisis estadístico**

Con los datos del inventario ecológico se realizó un análisis de varianza para determinar las diferencias en las coberturas de briofitos en cada una de las estaciones (Zar, 1996). Para determinar la similitud entre las estaciones de muestreo de acuerdo a la

composición de briofitos se realizó un análisis de similitud (Krebs, 1999). Con los datos de presencia-ausencia para cada especie de briofito en cada una de las estaciones de muestreo se realizó un análisis de asociación de especies calculando los índices de asociación de OCHIAI, DICE y JACCARD utilizando el programa SPASSOC de la versión gratuita del programa Ludwig y Reynolds (1988). El valor de cero para estos índices, indica que no hay asociación y si son iguales a uno indican máxima asociación; la asociación de especies se fundamenta en: una prueba estadística  $W$  para las hipótesis de que dos especies están o no asociadas en un nivel de probabilidad predeterminado ( $X^2_{0.05} \leq W \leq X^2_{0.95}$ ) y en la medida del grado o intensidad de asociación  $VR$ ; para un  $VR > 1$  la asociación es positiva, para un  $VR < 1$  la asociación es negativa (Ludwig y Reynolds, 1988). La hipótesis nula de no asociación entre especies es verdadera si el  $W$  estadístico se encuentra del rango de probabilidad anteriormente expresado, lo que indica que dos especies son independientes, o que las asociaciones positivas y negativas entre especies cancelan la una a la otra; la hipótesis alterna es que existe una asociación positiva o negativa entre especies (Schluter, 1984).

Además se calculó la distribución de cada una de las especies del inventario ecológico, siguiendo la metodología de Ludwig y Reynolds (1988) para cuadrantes contiguos, con el método TTLQV (varianza cuadrática local a dos términos) de Hill (1973) y con el Índice de dispersión  $S^2/\bar{\chi}$  (varianza observada /media observada). El método del TTLQV estima las varianzas para todos los tamaños de bloque de un cinturón de cuadrantes contiguos establecido previamente, para un tamaño del bloque seleccionado de menos de  $N/2$  ( $N/10$  es recomendado) (Ludwig y Reynolds, 1988); en

este caso el tamaño del cinturón fue de 15 subcuadrantes lineales. Para cada especie se seleccionó el cinturón donde ésta apareció por primera vez en cada estación de muestreo (Figura 4). Se utilizaron los datos de cobertura de cada especie de briofito en cada subcuadrante para cada estación de muestreo, donde la máxima cobertura fue de 400 cm<sup>2</sup> y cada uno de estos valores se elevó al cuadrado, por lo cual las varianzas presentarán valores altos en los diferentes tamaños de bloque. Cada tamaño de bloque se obtuvo por la combinación progresiva de los 15 subcuadrantes. A continuación se presentan los diferentes tamaños de bloque:

Tamaño del bloque	Subcuadrantes
1	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15)
2	(1,2) (3,4) (5,6) (7,8) (9,10) (11, 12) (13,14)
3	(1,2,3) (4,5,6) (7,8,9) (10,11,12) (13,14,15)
4	(1,2,3,4) (5,6,7,8) (9,10,11,12)
5	(1,2,3,4,5) (6,7,8,9,10) (11,12,13,14,15)
6	(1,2,3,4,5,6) (7,8,9,10,11,12)
7	(1,2,3,4,5,6,7) (8,9,10,11,12,13,14)

Con el método del TTLQV se pueden obtener tres patrones de distribución al graficar las varianzas contra los diferentes tamaños de bloque. Si los individuos se dispersan al azar en el área de estudio, las varianzas presentarán fluctuaciones en los diferentes tamaños de bloque; si los individuos se dispersan regularmente, las varianzas serán bajas y no fluctuarán en los diferentes tamaños de bloque; si los individuos están

agrupados, las varianzas presentarán un pico máximo en algún tamaño de bloque. El número del tamaño del bloque donde aparece el pico multiplicado por el valor de la distancia de cada subcuadrante (20 cm) es equivalente al radio de dispersión, por lo que dos veces este valor indica la distancia entre cada parche (Ludwig y Reynolds, 1988).

Este método es claramente una variante del método BQV (varianza cuadrática del bloque) donde los cuadrantes son bloques fijos a lo largo del transecto; cada bloque está compuesto por varios subcuadrantes. El TTLQV reemplaza al BQV pues es un método que no está restringido a que el tamaño del bloque incremente a una intensidad de dos. También para interpretar los patrones de distribución de las especies se observaron los valores de  $X^2$  del Índice de dispersión  $S^2/\chi^2$ , si los valores son grandes indican distribución agrupada, si son pequeños indican un patrón de distribución uniforme (Krebs, 1999).

Para cada una de las estaciones del inventario florístico se determinó la riqueza de briofitos, con base en el número de especies registradas. La frecuencia relativa y cobertura relativa fueron calculadas aplicando las siguientes fórmulas:

Frecuencia relativa de las especies de briofitos del inventario florístico

FR= Número de ocurrencia de una especie/Número total de estaciones X 100.

Cobertura relativa de las especies de briofitos por estación en el inventario ecológico:

CR= Cobertura de una especie en  $\text{cm}^2$  / cobertura total de todas las especies X 100.

## RESULTADOS

Se identificaron 56 especies de briofitos. Del phylum Bryophyta se encontraron 19 familias, distribuidas en 26 géneros y 37 especies. Del phylum Marchantiophyta se encontraron 9 familias, distribuidas en 12 géneros y 17 especies y del phylum Anthoceroophyta se encontró una familia, dos géneros y dos especies (Tablas 3 y 4). Los briofitos colectados en los dos inventarios fueron encontrados sobre ocho sustratos. La especie que ocupó más sustratos fue la hepática *Lejeunea cladogyna* que se encontró en cinco de éstos y los musgos *Hyophila involuta*, *Sematophyllum subpinnatum* y *Pterogonidium pulchellum* se encontraron sobre cuatro sustratos. Los sustratos asfalto y árbol de bambú fueron los que presentaron un número menor de especies de briofitos, 1 y 3 respectivamente. Los sustratos concreto, madera en descomposición, raíces, roca y troncos vivos presentaron 5, 5, 8, 11 y 14 especies de briofitos respectivamente. El sustrato arcilloso fue preferido por la mayoría de los briofitos, encontrándose sobre éste el 82% de las especies reportadas en este estudio (Tabla 5).

De las 11 formas de crecimiento que presentaron los briofitos, la que predominó fue la de tapetes toscos, encontrándose el 27% de las especies de briofitos. Las formas de crecimiento menos comunes fueron: en cojines y manojos presentándolas el 1.8% de las especies de briofitos y la forma ramificación dendroide y formas delgadas para el 3.6 % de las especies de briofitos (Tabla 6).

## Inventario ecológico

En este inventario se identificaron 25 especies distribuidas en 14 especies de musgos, 9 especies de hepáticas y 2 especies de antoceros. La hepática, *Fossombronia brasiliensis* presentó amplia distribución, de las cinco estaciones delimitadas para este inventario, se encontró en cuatro. Las hepáticas *Calypogeia laxa*, *Dumortiera hirsuta*, *Marchantia chenopoda* y *Riccardia digitiloba* se encontraron cada una en una estación de muestreo. *Dicranella hilariana* fue el musgo que presentó amplia distribución, encontrándose en tres de las cinco estaciones. Los musgos *Barbula indica*, *Calymperes afzelii*, *Callicostella pallida*, *Chrysohypnum diminutivum*, *Isopterigium tenerifolium*, *Philonotis uncinata*, *Philonotis sphaerocarpa*, *Pterogonidium pulchellum* y *Sematophyllum subpinnatum*, se encontraron restringidos a una estación de muestreo cada uno. Los antoceros *Anthoceros punctatus* y *Phaeoceros laevis* se encontraron en una estación, en la 4 y 5 respectivamente (Tabla 3).

### Similitud de las estaciones de muestreo

De acuerdo al análisis de similitud, se establecieron dos grupos (Figura 5) que se caracterizaron por presentar en común la especie de hepática *Fossombronia brasiliensis*. El primer grupo conformado por las estaciones 1 y 3 que presentaron poca similitud entre ellas y con el segundo grupo, se encuentran vinculadas por la presencia del musgo *Taxithelium planum* en ambas estaciones. El segundo grupo está conformado por las estaciones 2, 4 y 5 por presentar en común el musgo *Dicranella hilariana*. Una aparente distribución restringida de la mayoría de las especies se presenta en la figura 6, se formaron dos grupos, el primero conformado por las especies que se encontraron en una

o dos estaciones de muestreo y el segundo grupo se estableció por las especies que se encontraron en más de dos estaciones de muestreo (*Fossombronia brasiliensis* y *Dicranella hilariana*).

#### Análisis de varianza de las coberturas

Los valores de cobertura presentaron variaciones altamente significativas entre las estaciones de muestreo ( $F = 6.08$ ; g.l.= 4;  $P = 0.0095$ ). La prueba de Tukey ( $q: 0.05$ ; gl:10;  $K: 5 = 4.65$ ) permitió establecer que la estación 2 presenta diferencias en los valores de las medias con la estación 3 ( $q= 6$ ) y con la estación 4 ( $q= 6.03$ ), por presentar una cobertura mayor. También se pudo establecer que la estación 5 presentó un valor medio de cobertura, similar al de la estación 1 ( $q = 1.05$ ), de la misma forma que la estación 1 con la estación 4 ( $q = 1.7$ ) y con la estación 3 ( $q = 1.5$ ).

#### Análisis de asociación

Para determinar las asociaciones entre las especies de briofitos se consideraron los índices de asociación de Ochiai, Dice y Jaccard. Para aceptar la hipótesis nula de no asociación, la prueba estadística W debe estar dentro del rango de probabilidad ( $X^2_{0.05} < = W < = X^2_{0.95}$ ), para un N de 75 subunidades, que corresponde a  $56.05 < = W < = 96.217$ . En la primera estación los índices de asociación de Ochiai, Dice y Jaccard presentaron valores de cero, que significan un tipo de asociación neutra; el índice de asociación VR fue de 0.55, todas las especies se encuentren asociadas negativamente y la prueba estadística ( $W= 41.68$ ) no se encontró dentro del rango de probabilidad. Para la segunda estación (Tabla 7) el índice de asociación VR fue de 0.8937 y la prueba

estadística ( $W= 67.02$ ) se encontró dentro del rango de probabilidad, por lo tanto se acepta la hipótesis nula de no asociación a pesar de que los índices indiquen posibles asociaciones entre las especies. *Dicranella hilariana* y *Pogonatum tortile* presentaron un  $X^2$  de 3.85 indicando una aparente asociación positiva entre ellas. En la tercera estación (Tabla 8) el índice de asociación VR fue de 1.07, igual al valor esperado de 1.0 para la hipótesis nula de no asociación y la prueba estadística ( $W= 80.79$ ) se encontró dentro del rango de probabilidad, por lo que no se encontró ningún tipo de asociación. En la cuarta estación el índice de asociación VR fue de 0.57 y la prueba estadística ( $W= 43,40$ ) no se encontró dentro del rango de probabilidad, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no asociación (Tabla 9). *Fossombronia brasiliensis* y *Lophocolea bidentata* presentaron los valores más altos para los índices de asociación, con una asociación negativa. *Fossombronia brasiliensis* con *Taxilejeunea obtusangula* y *Dicranella hilariana* presentó también valores altos de asociación, en este caso un asociación positiva. *Taxilejeunea obtusangula* y *Dicranella hilariana* presentaron asociación positiva. En la quinta estación *Dicranella hilariana* con *Pogonatum tortile* presentó el valor más alto de asociación, con una asociación positiva. *Dicranella hilariana* con *Marchantia chenopoda* y *Fossombronia brasiliensis* presentó una asociación negativa. *Pogonatum tortile* y *Marchantia chenopoda* presentaron una asociación positiva. *Marchantia chenopoda* con *Fossombronia brasiliensis* presentó una asociación positiva y con *Dumortiera hirsuta* presentó una asociación negativa. *Fossombronia brasiliensis* con *Dumortiera hirsuta* presentó una asociación positiva. El valor de VR fue de 0.51 y la prueba estadística ( $W= 38,64$ ) no se encontró dentro del rango de probabilidad (Tabla 10), por lo tanto se rechazó la hipótesis nula de no asociación.

## Análisis de distribución

Se determinó el tipo de distribución para cada especie de briofito interpretando las gráficas del TTLQV y con el valor del Índice dispersión de la relación  $\text{varianza} / \text{media}$  en cada una de las estaciones de muestreo (Tablas 11– 15). De acuerdo a los resultados obtenidos con el método del TTLQV, las especies *Barbula indica* (estación 2), *Calymperes afzelii* (estación 3), *Callicostella pallida* (estación 4), *Fissidens angustifolius* (estación 4), *Fossombronia brasiliensis* (estación 1), *Lejeunea glaucescens* (estación 4), *Lophocolea bidentata* (estación 5), *Taxilejeunea obtusangula* (estación 4), *Anthoceros punctatus* (estación 4) y *Phaeoceros laevis* (estación 5), presentaron distribución al azar sobre los taludes de carretera. Las siguientes especies presentaron distribución agrupada: *Chryso-hypnum diminutivum* en la estación 1, la distancia estimada entre grupos o parches fue de 200 cm. *Dicranella hilariana* en las estaciones 2,4 y 5, con distancias estimadas entre parches de 200 cm, 160 cm y 280 cm. *Fissidens elegans* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 160 cm. *Isopterygium tenerifolium* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 240 cm. *Philonotis uncinata* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 280 cm. *Philonotis sphaerocarpa* en la estación 3, la distancia estimada entre parches fue de 200 cm. *Pogonatum tortile* en las estaciones 2 y 5, la distancia estimada entre parches fue de 280 cm en cada una. *Pterogonidium pulchellum* en la estación 3, la distancia estimada entre parches fue de 200 cm. *Sematophyllum subpinnatum* en la estación 3, la distancia estimada entre parches fue de 200 cm. *Calypogeia laxa* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 120 cm. *Dumortiera hirsuta* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 280 cm. *Fossombronia brasiliensis* en las estaciones 2, 4 y 5, la distancia estimada entre

parches fue de 200 cm, 280 cm y 140 cm respectivamente. *Lejeunea cladogyna* en la estación 1, la distancia estimada entre parches fue de 280 cm. *Lejeunea glaucescens* en la estación 1, la distancia estimada entre parches fue de 280 cm. *Lophocolea bidentata* en la estación 4, la distancia estimada entre grupos fue de 220 cm. *Marchantia chenopoda* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 160 cm. *Riccardia digitiloba* en la estación 5, la distancia estimada entre parches fue de 280 cm. *Taxithelium planum* presentó una aparente distribución agrupada en las estaciones 1 y 3, no se pudo determinar la distancia estimada entre parches por no presentar picos bien definidos, pero si se observó un incremento significativo en las varianzas (Figuras 7-32).

Los resultados del índice de dispersión indican que todas las especies presentan distribución agrupada, excepto *Lejeunea glaucescens* en la estación 4, la cual presentó distribución al azar (Tabla 14).

### **Inventario florístico**

En este inventario se identificaron 51 especies, distribuidas en 36 especies de musgos y 15 especies de hepáticas. Las hepáticas *Fossombronia brasiliensis* y *Lejeunea cladogyna* presentaron una frecuencia mayor y un amplio rango de distribución, encontrándose en 10 y 9 estaciones respectivamente. Las hepáticas *Cephaloziaopsis intertexta*, *Plagiochila divaricata* y *Dumortiera hirsuta* presentaron distribución restringida, encontrándose en una estación de muestreo cada una. En cuanto a los musgos, *Dicranella hilariana* y *Philonotis uncinata* presentaron amplia distribución, encontrándose en 9 y 8 estaciones respectivamente. Los musgos *Brachytecium zanonii*, *Brachytecium ruderale*, *Bryum truncorum*, *Calymperes afzelii*, *Dicranella cf. herminieri*,

*Entodon macropodus*, *Eulacophyllum cultelliforme*, *Fissidens palmatus*, *Fissidens weirii*, *Helicodontium capillare*, *Lepyrodontopsis trichophylla*, *Neckeropsis disticha*, *Octoblepharum albidum*, *Pseudocryphaea dominguensis*, *Rhynchostegium serrulatum* y *Sematophyllum tequendamense* se encontraron cada uno en una estación de muestreo. En este inventario no se encontraron representantes del phylum Anthocerophyta (Tabla 4).

El número de estaciones de muestreo fue suficiente para realizar el inventario de musgos, ya que la curva de saturación de especies se estabiliza en la estación 10 (Figura 33), para las hepáticas la curva de saturación no se estabiliza (Figura 34), indicando que hay un número mayor de especies sobre taludes a medida que se asciende altitudinalmente.

El método del transecto permitió observar el comportamiento de la comunidad de briofitos, el cual se ajusta a un modelo normal logarítmico (Figura 35), con especies frecuentes (*Fossombronia brasiliensis*), especies poco frecuentes (*Lejeunea trinitensis*) y especies raras como *Neckeropsis disticha*, de acuerdo a su presencia en las estaciones delimitadas. Este comportamiento está relacionado con la humedad ambiental, a medida que se asciende altitudinalmente aumenta la riqueza y diversidad de especies. El método del microcuadrante fue útil para determinar las coberturas y analizar los patrones de distribución. Sobre estos taludes se encontró mayor diversidad y riqueza de musgos, comprobando lo propuesto por Richards (1984) para sitios alterados y expuestos. En lo referente a la diversidad de hepáticas, aumenta de acuerdo al gradiente altitudinal, está influenciada por factores que favorecen el establecimiento de esta vegetación en los taludes de carretera, como la humedad y la disminución en la temperatura.

## DISCUSIÓN

Los trabajos recientes para Puerto Rico sobre briofitos realizados en bosques, parques y áreas industrializadas han sido un aporte considerable al conocimiento de la brioflora. Serrano (1997) reportó 33 especies de musgos para las reservas forestales de Cambalache, Guajataca, Río Abajo, Tortuguero y La Vega; Reyes (1999), reportó 50 especies entre musgos y hepáticas para la zona cárstica Norte-Central en el Parque de las Cavernas del Río Camuy; Rosado-Martínez (1999), reportó 135 especies distribuidas entre musgos y hepáticas para el bosque palma de sierra en Toro Negro. Para las formaciones cársticas de las localidades industrializadas en el área metropolitana de San Juan, Escorcia-Ariza (1998) reportó 29 especies de briofitos distribuidas en 25 especies de musgos y 4 especies de hepáticas. Aunque el presente trabajo no corresponde a ninguna zona forestal, contribuye significativamente al conocimiento de la brioflora aportando 56 especies de briofitos distribuidos en 37 especies de musgos, 17 especies de hepáticas y 2 especies de antoceros; representando así el 10.7 % del total de la brioflora de la isla, porcentaje considerable teniendo en cuenta que el área de muestreo está intervenida y los taludes de carretera se encuentran sometidos a continuos procesos de limpieza de la cobertura briofítica con el uso de retroexcavadoras y el herbicida glifosato (obs. pers.). De acuerdo a la información anteriormente mencionada se puede deducir que las zonas que presenten suelos de carbonato de calcio no poseen gran diversidad de briofitos y que las áreas con suelos arcillosos, como los que presentan el bosque de Toro Negro y el transecto Mayagüez-Maricao son propicios para una mayor diversidad y

riqueza de especies. Las especies encontradas en este estudio son comunes y de amplia distribución en América tropical.

Se establecieron tres categorías de acuerdo a la frecuencia de las especies en el inventario florístico (Figura 35), especies frecuentes con altas frecuencias, especies poco frecuentes con frecuencias intermedias y especies raras con bajas frecuencias. La distribución de las especies se ajustó a un modelo normal logarítmico, a pesar de ser una zona intervenida. Las especies más frecuentes sobre los taludes fueron las hepáticas *Fossombronia brasiliensis*, *Lejeunea cladogyna* y los musgos *Dicranella hilariana* y *Philonotis uncinata*. *Fossombronia* es un género que posee cerca de 10 especies en América Tropical, es pionero sobre suelos húmedos y expuestos, en ambientes alterados, a lo largo de carreteras, senderos y riveras de los ríos; se encuentra en las Indias Occidentales desde el nivel del mar hasta menos de 1000 m. *Lejeunea* es un género que posee entre 15 y 20 especies en América Tropical, la mayoría se encuentran a elevaciones bajas, es común sobre cortezas y rocas en bosques y hábitats abiertos. *Dicranella* con cerca de 40 especies registradas para el Neotrópico, es común sobre suelos expuestos y suelos cubiertos con rocas, la mayoría se encuentra en sitios abiertos desde el nivel del mar hasta 4400m. *Philonotis* con cerca de 48 especies para el Neotrópico, es un género de amplia distribución, se encuentra sobre rocas o suelos en sitios húmedos abiertos desde el nivel del mar hasta 4700 m (Gradstein et al., 2001).

Pócs (1982) indicó que los bancos de tierra que bordean las carreteras y caminos, que presentan suelos húmedos y ácidos favorecen la presencia de tapetes talosos como es el caso de *Marchantia* y la presencia de especies de *Leucobryum*, *Philonotis* y representantes de la familia Polytrichaceae, así como de hepáticas pequeñas tales como

*Calypogeia*, *Cephaloziella* y *Lophocolea*. En este estudio los taludes son arcillosos, caracterizados por ser ácidos y pegajosos, sustrato que presentó un número mayor de especies de briofitos (Tabla 5).

Las interacciones entre especies son de gran importancia en la ecología de especies. Existen factores que influyen la distribución, abundancia y las interacciones entre especies, dando como resultado asociaciones positivas, negativas o ausentes. La afinidad para la coexistencia de dos especies se denomina Asociación Interespecífica. La asociación entre dos especies existe porque: (1) ambas especies seleccionan el mismo hábitat; (2) ambas poseen los mismos requerimientos ambientales bióticos y abióticos; (3) una o ambas especies tiene afinidad por la otra especie, ya sea de atracción o repulsión (Hubalek, 1982). En la primera estación las especies de briofitos presentaron asociación neutra y las interacciones fueron negativas, lo que puede sugerir que presentaban diferentes requerimientos de recursos, en este caso de espacio, ya que la presencia de cada especie en los tres cuadrantes muestreados no se encontró restringida por la presencia de las demás especies, pues cada una ocupó un parche separado sobre el talud respecto a las demás. Se encontraron las hepáticas foliosas *Lejeunea glaucescens*, *Lejeunea cladogyna* y *Fossombronia brasiliensis*, ésta última aunque es una hepática de gran tamaño no compitió por espacio con las otras dos, debido a la distribución al azar que presentó, ya que se encontró sólo en un cuadrante y presentó un porcentaje de cobertura menor donde también estaba el musgo *Taxithelium planum*. También en esta estación se encontraron los musgos *Chryso-hypnum diminutivum* y *Taxithelium planum* que son pleurocárpicos, es decir, están postrados sobre el sustrato y forman tapetes.

*Lophocolea bidentata* y *Fossombronia brasiliensis* presentaron los valores más altos para los índices de asociación en la cuarta estación, con una asociación negativa (Tabla 9), porque compiten por espacio debido a la morfología que presentan cada una, aunque ambas son hepáticas foliosas; *Fossombronia* es una planta grande y de hojas anchas. En la quinta estación las especies *Dicranella hilariana*, *Fissidens elegans*, *Fossombronia brasiliensis*, *Marchantia chenopoda*, *Pogonatum tortile* y *Riccardia digitiloba* presentaron asociación negativa con *Lophocolea bidentata* (Tabla 10). Para estas dos estaciones se encontró el mayor número de especies de briofitos, 8 y 12 respectivamente (Tabla 3), por lo que pudieron competir por espacio, ya que no sólo se encontraron hepáticas foliosas sino también hepáticas talosas que ocuparon mayor área sobre el talud, condición que pudo influir en que el patrón de distribución de las especies fuera agrupada para las especies dominantes y al azar para las especies poco frecuentes.

*Fossombronia brasiliensis* en la quinta estación presentó distribución agrupada (Tabla 15, Figura 24), presentó una asociación negativa con *Dicranella hilariana*, porque este musgo presentó la cobertura más alta de las 12 especies de briofitos reportadas para esta estación, compitiendo así por espacio con *Fossombronia*, aunque la forma de crecimiento del musgo es en tepes altos (vástagos verticales), carácter morfológico que le permite protegerse contra la desecación. Los briofitos acrocárpicos pueden resistir más de un año contra la desecación (During, 1979), partiendo de esta premisa se puede explicar su patrón de distribución agrupada. *Fossombronia* presentó una asociación positiva con *Marchantia chenopoda* y *Dumortiera hirsuta*, hepáticas que forman tapetes talosos, por lo que la asociación puede ser explicada con base en la competencia por espacio.

En la quinta estación *Marchantia chenopoda* con *Dumortiera hirsuta* presentó una asociación negativa (Tabla 10), lo que se puede explicar, como competencia por espacios sombreados y húmedos. *Marchantia* es una hepática talosa, que excluye a *Dumortiera*, ya que presenta adaptaciones morfológicas tales como una cutícula gruesa que le permite tolerar la pérdida de agua, lo cual la hace más resistente a condiciones de alta iluminación, ocupando así un área mayor sobre los taludes. *Dumortiera* presenta caracteres morfológicos tales como la superficie superior del talo sin poros, sin epidermis y sin cámaras de aire, que no le permitan adaptarse a condiciones extremas del ambiente, por lo cual requiere de sitios sombreados. Proctor et al. (1998) propuso que *Dumortiera hirsuta* es más sensible a la desecación que *Marchantia polymorpha*.

Muchas especies de briofitos están adaptadas a crecer en parches en hábitats que son regularmente alterados. Las alteraciones permiten que estados tempranos de sucesión vuelvan a ocurrir. Especies adaptadas a estados tempranos de sucesión a menudo sobreviven a situaciones desfavorables por la producción de diasporas (Söderström, 1998). Tal es el caso de las especies de briofitos que presentaron distribución agrupada. Los cojines y tepes o céspedes son comunes en hábitats secos y expuestos, en esta categoría se encuentran *Dicranella hilariana* y *Philonotis uncinata* dos de los briofitos más comunes sobre taludes en este estudio. La gran densidad de los tallos proporciona protección a la desecación, así las poblaciones agregadas funcionan como una simple forma de vida que proporciona una adaptación a hábitats secos (During, 1990). Bajo esta premisa, se explica el patrón de distribución agrupada que presentaron los briofitos sobre taludes, pues son hábitats alterados periódicamente, en forma mecánica y química, están expuestos a la contaminación, al impacto de la lluvia, a la radiación, al aire seco, que

hacen que la vegetación briofítica presente este patrón de distribución para conservar la humedad, factor necesario para la reproducción y supervivencia de estas plantas.

*Lejeunea glaucescens* presentó distribución agrupada en la estación 1 y al azar en la estación 4. En la estación 1 se encontró formando parches y no se encontró asociada con la hepática foliosa *Fossombronia brasiliensis*, que se caracteriza por ser de gran tamaño la cual posiblemente habría influido en disminuirle espacio. La estación 4 se caracteriza por ser una de las dos estaciones en las que se encontró mayor número de especies (8), en ella *L. glaucescens* se encontró asociada con *F. brasiliensis*, lo que explica la distribución al azar pues el tamaño mayor de *F. brasiliensis* influyó en que su distribución fuese al azar, compitiendo por espacio y zonas húmedas.

A partir del método del TTLQV las especies *Barbula indica* (estación 2), *Calymperes afzelii* (estación 3), *Callicostella pallida* (estación 4), *Fissidens angustifolius* (estación 4), *Fossombronia brasiliensis* (estación 1), *Lejeunea glaucescens* (estación 4), *Lophocolea bidentata* (estación 5), *Taxilejeunea obtusangula* (estación 4), *Anthoceros punctatus* (estación 4) y *Phaeoceros laevis* (estación 5), presentaron distribución al azar sobre los taludes de carretera. *Fossombronia brasiliensis* estaba recolonizando el sustrato, lo cual puede explicar este patrón de distribución. *Barbula indica* presentó esta distribución al azar, ya que su hábitat son sustratos más expuestos a la radiación solar. *Calymperes afzelii* se encontró sobre troncos de árboles, por lo que su distribución al azar puede relacionarse con su presencia sobre este sustrato, ya que constituye un componente poco frecuente sobre taludes de carretera. *Anthoceros punctatus* y *Phaeoceros laevis* presentaron distribución al azar porque muy probablemente estaban recolonizando el sustrato y además porque su presencia sobre los taludes de carretera depende de sitios

sombreados, condición que no fue frecuente sobre estos sustratos expuestos, ya que es un factor importante para proteger sus fases gametofítica y esporofítica. *Callicostella pallida*, *Fissidens angustifolius*, *Lejeunea glaucescens* y *Taxilejeunea obtusangula* presentaron distribución al azar en la estación 4, ya que en ésta estación se encontró *Fossombronia brasiliensis* la cual influyó en el establecimiento de estas especies sobre el talud, disminuyéndoles espacio y además se caracterizaron por presentar valores de cobertura bajos. *Lophocolea bidentata* exhibió este patrón de distribución por estar asociada con *Fossombronia brasiliensis* y *Marchantia chenopoda*, hepáticas de gran tamaño, además se caracterizó por poseer un valor de cobertura bajo en esta estación de muestreo. Las demás especies presentaron distribución agrupada.

En el método TTLQV la interpretación de las gráficas puede ser complicada cuando se utilizan datos de cobertura, por lo que según esta investigación, se puede inferir que diferencias pequeñas entre las varianzas de los bloques, indican distribuciones al azar y varianzas que aumentan progresivamente ya sea formando un pico o no, indican distribuciones agrupadas. Este método es más preciso en la identificación de distribuciones al azar ya que el método de la varianza / media no permitió detectar este patrón en especies con frecuencias y coberturas bajas.

Los dos grupos que se formaron en el análisis de similitud (Figura 5) se caracterizaron por presentar en común a *Fossombronia brasiliensis*, ya que fue la hepática que presentó mayor distribución. Las estaciones 2, 4 y 5 formaron un grupo por presentar en común las especies *Dicranella hilariana* y *Fossombronia brasiliensis* que ocuparon más sustratos y estaciones de muestreo; estas especies son comunes y se encuentran ampliamente distribuidas en América tropical.

Los antoceros poseen gametofitos de vida corta, esporas grandes y carecen de propágulos de reproducción asexual (Longton, 1997). El tamaño de las esporas está relacionado con la dispersión, Schmidt (1918) calculó que las esporas de tamaños pequeños tenían mayor capacidad de dispersión en rangos mayores que las esporas grandes, donde las distancias de dispersión eran más cortas. Esto hace suponer que la ausencia de *Anthoceros punctatus* y *Phaeoceros laevis* durante el inventario florístico está influenciada por los factores reproductivos anteriormente mencionados que hacen de éstas especies, plantas sensibles y en peligro, si no tienen el tiempo suficiente para que produzcan esporas, ya que los procesos de mantenimiento de vías se realizan periódicamente, causando gran pérdida de la capa superior de los taludes donde éstas se encuentran. During (1997) reportó la reaparición de *Anthoceros caucasicus* en suelos que habían sido cubiertos con arena durante 35 años, esta especie se caracteriza por presentar esporas grandes de aproximadamente 60  $\mu\text{m}$  lo que favorece su resistencia y viabilidad.

Las entidades gubernamentales y la población en general desconocen la importancia del papel ecológico de los briofitos en la protección de la superficie del suelo por esta vegetación para la prevención de la erosión (Pócs, 1980; citado en Sastre y Tan 1995). Los briofitos juegan un papel importante en el ambiente; son los primeros colonizadores de sustratos descubiertos e influyen en la formación inicial del suelo. Capas gruesas de briofitos sobre árboles y suelos pueden reducir la erosión por la absorción de grandes cantidades de agua, además pueden usarse como indicadores de contaminación ya que carecen de cutícula y de tejidos de conducción, por lo que hay una entrada libre de soluciones y gases a la mayoría de las células, estas sustancias van a acumularse en las hojas (Gradstein et al., 2001). Durante la realización de este trabajo, se

observó que a medida que los taludes de carretera se dejaban desprovistos de cobertura briofítica, se desprendía la capa superior del talud o costra microfítica provocando la erosión del mismo (Figura 36), de igual forma después de efectuar las fumigaciones con glifosato desaparecieron *Anthoceros punctatus*, *Phaeoceros laevis*, *Philonotis sphaerocarpa*, *Riccardia digitiloba* y *Taxilejeunea obtusangula*. Newmaster et al. (1999), indica a partir de observaciones de campo, que la diversidad de briofitos disminuye significativamente con los tratamientos de glifosato. Balcerkiewicz y Rusinska (1987) (citados en Newmaster et al., 1999) concluyeron que las colonias de musgos de *Ceratodon purpureus*, *Marchantia polymorpha* y especies de *Bryum* invadían rápidamente los suelos después que la vegetación herbácea había sido removida con herbicidas.

A partir de estas observaciones se puede considerar a *Fossombronina brasiliensis* como una especie pionera y colonizadora en los taludes de carretera, ya que después de las fumigaciones y limpieza en general de los mismos, aparecía distribuida en parches jóvenes.

Con los inventarios florístico y ecológico se contribuyó al conocimiento de la brioflora sobre los taludes del trayecto Mayagüez-Maricao. El método del transecto completo (inventario florístico) fue más apropiado para medir la riqueza de especies y el método del cuadrante de 400 cm<sup>2</sup> permitió determinar las diferencias cuantitativas en cobertura, distribución y asociación de especies. McCune y Lesica (1992) sugieren que para detectar diferencias cuantitativas en abundancia como por ejemplo efectos de tratamientos o cambios en la vegetación, el método del microcuadrante es el mejor y el método del transecto fue intermedio para medir adecuadamente riqueza y cobertura.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se destaca la importancia de los taludes de carretera como hábitats que albergan un gran número de especies de briofitos pioneros y resistentes a los cambios repentinos del hábitat y al uso de herbicidas, por lo que deben considerarse en los programas de conservación.

## CONCLUSIONES

- Se reportan 56 especies de briofitos sobre taludes de carretera en el transecto Mayagüez-Maricao.
- En el transecto Mayagüez-Maricao se encuentra el 10.7 % de la brioflora reportada para Puerto Rico.
- *Fossombronia brasiliensis*, *Lejeunea cladogyna*, *Dicranella hilariana* y *Philonotis uncinata* fueron las especies más frecuentes y con amplia distribución sobre los taludes.
- Las estaciones 2, 4 y 5 presentaron similitud en cuanto a la composición de briofitos.
- Se encontraron diferencias significativas en los valores de cobertura entre las estaciones del muestreo ecológico.
- La mayoría de las especies de briofitos presentaron distribución agrupada.
- El método del TTLQV fue más preciso para detectar distribuciones al azar.
- Las estaciones 1, 4 y 5 presentaron asociaciones entre especies estadísticamente comprobables.
- La asociación entre especies se debe principalmente a competencia por espacio.
- Las técnicas de mantenimiento de carreteras favorecen el desprendimiento de la capa briofítica que protege los taludes de la erosión.

## **RECOMENDACIONES**

Existe la necesidad de proteger los taludes de carretera, ya que poseen gran diversidad y riqueza de briofitos, mayor que la que presentan algunos bosques y parques naturales de Puerto Rico. Aunque los taludes de carretera no estén protegidos por el Departamento de Recursos Naturales, deberían incluirse en algún programa de manejo para evitar la pérdida de esta cobertura vegetal que presenta gran importancia en la retención de agua, ya que impide el lavado de nutrientes de estos sustratos y lo protege de la erosión; además permiten albergar especies resistentes a hábitats expuestos y perturbados.

## LITERATURA CITADA

- Balcerkiewicz, S. y A. Rusinska. 1987. Expansion of bryophytes on areas treated with herbicides. *Symposia Biologica Hungarica* 35: 285-293.
- Bryant, E. H. B., Crandall-Stotler y R. E. Stotler. 1973. A factor analysis of the distribution of some Puerto Rican liverworts. *Canadian Journal of Botany* 51: 1545-1554.
- Buck, W. R. 1998. Pleurocarpous mosses of the West Indies. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, Vol. 82. 400 pp.
- Campbell, D. 1989. The importance of floristic inventory in the tropics. En: D. G. Campbell y H. D. Hammond (eds.). *Floristic inventory of tropical countries*, pp. 5-30. New York Botanical Garden, New York.
- Churchill, S. P. y E. L. Linares. 1995. *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis, Introducción a la flora de musgos de Colombia*. Biblioteca "José Jerónimo Triana" No. 12. Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Editora Guadalupe Ltda. 924 pp.
- Crum, H. A. y W. C. Steere. 1957. The mosses of Porto Rico and the Virgin Islands. *Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands*, Vol. VIII- Part. 4. New York. 599 pp.
- Daubenmire, R. 1968. *Plant communities. A textbook of plant synecology*. New York.

- During, H. J. 1990. Clonal growth patterns among bryophytes, pp. 153-176. En J. van Groenendael & H. de Kroon (eds.). Clonal growth in plants: Regulation and function. SPB Academic Publishing. The Hague.
- During, H. J. 1997. Bryophyte diaspore banks. *Advances in Bryology* 6: 103-134.
- Eldridge, D. J. y P. I. A. Kinnell. 1997. Assessment of erosion rates from microphyte-dominated calcareous soils under rain-impacted flow. *Australian Journal of Soil Research* 35: 475-489.
- Escorcía-Ariza, S. C. 1998. Estimados del deterioro de la flora briológica en localidades industrializadas del área metropolitana de San Juan, P.R. Tesis M.S., Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 93 pp.
- Ewel, J. J. y J. L. Whitmore. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U. S. Virgin Islands. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 72 pp.
- Fulford, M. H. 1968. Manual of the leafy Hepaticae of Latin America, Part III. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. Vol. 11(3). 392 pp.
- Fulford, M. H. 1976. Manual of the leafy Hepaticae of Latin America- Part IV. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. Vol. 11(4). 535 pp.
- Fulford, M. H., B. Crandall y R. Stotler. 1970. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 11. The leafy Hepaticae of Pico del Oeste. *Journal of the Arnold Arboretum* 51: 56-69.
- Fulford, M. H., B. Crandall y R. Stotler. 1971. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 15. A study of the leafy hepatic flora of the Luquillo Mountains. *Journal of the Arnold Arboretum* 52: 435-458.

- Gierbolini, R. E. 1975. Soil survey of Mayagüez area of western Puerto Rico. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 296 pp.
- Goldsmith, F. B., C. M. Harrison y A. J. Morton. 1986. Description and analysis of vegetation, pp.437-524. En P.D. Moore & S. B. Chapman (eds.). *Methods in Plant Ecology*. Oxford.
- Gradstein, S. R. 1989. A Key to the Hepaticae and Anthocerotae of Puerto Rico and the Virgin Islands. *The Bryologist*. Vol. 92, No. 3.
- Gradstein, S. R. y T. Pócs. 1989. Bryophytes. En: H. Lieth and M. J. Werger (eds.). *Tropical rain forest ecosystems of the world*, pp. 311-325. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, Netherlands.
- Gradstein, S. R., S. Churchill y N. Salazar. 2001. Guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. Vol. 86. 577 pp.
- Hampe, E. y C. M. Gottsche. 1852. *Expositio hepaticarum portoricensium quas collegit Schwanecke, hortulanus*. *Linnaea* 25: 337-358.
- Hill, M. O. 1973. The intensity of spatial pattern in plant communities. *Journal of Ecology* , 61: 225-236.
- Hill, R. T. 1899. Notes on the forest conditions of Porto Rico. *USDA Bull.* 25, Washington, D.C. 48 pp.
- Hubalek, Z. 1982. Coefficients of association and similarity based on binary (presence-absence) data: an evaluation. *Biological Reviews* 57: 669-689.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. Second edition. Addison Wesley Longman, Inc, Menlo Park, California. 620 pp.

- Longton, R.E. 1997. Reproductive biology and life-history strategies. *Advances in Bryology* 6: 65-101.
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology: a primer of methods and computing*. Wiley Press, New York. 337 pp.
- McCune, B. y P. Lesica. 1992. The trade-off between species capture and quantitative accuracy in ecological inventory of lichens and bryophytes in forest in Montana. *The Bryologist* 95 (3): 296-304.
- Miller, H. A. y K. W. Russell. 1975. Key to the mosses of Puerto Rico. *Florida Scientist* 38: 175-182.
- Newmaster, S. G., F. W. Bell y D. H. Vitt. 1999. The effects of glyphosate and triclopyr on common bryophytes and lichens in northwestern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 1101-1111.
- Pagán, F. M. 1939. A preliminary list of the Hepaticae of Puerto Rico including Vieques and Mona Island. *The Bryologist* 42: 1-12, 37-50, 71-82.
- Pócs, T. 1980. The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 6: 143-167.
- Pócs, T. 1982. Tropical Forest Bryophytes. En: Smith, A. J. E. (ed.). *Bryophyte ecology*. Chapman and Hall, London. 511 pp.
- Proctor, M. C. F., N. Zoltán., Z. Csintalan y Z. Takács. 1998. Water-content components in bryophytes: analysis of pressure-volume relationships. *Journal of Experimental Botany*. 49(328): 1845-1854.

- Reyes-Colón, C. M. 1999. Bryoflora of limestone sinkholes in the north-central karst zone of Puerto Rico. Thesis M.S., University of Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 71 pp.
- Richards, P. W. 1984. The ecology of tropical forest byophytes. Chapter 21. En: Schuster, R. M. (ed). *New Manual of bryology*. Vol.2: 1233-1270. The Hattori Botanical Laboratory. Nichinan, Japón.
- Rosado-Martínez, A. 1999. A floristic study of the cryptogamic flora in the Sierra Palm Forest of the Toro Negro Commonwealth Forest in central Puerto Rico following hurricane Georges. Thesis M.S., University of Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. 96 pp.
- Sastre, I. y W. R. Buck. 1993. Annotated checklist of the mosses of Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 29: 226-234.
- Sastre, I. y E. Santiago. 1996. Botanical explorations of Puerto Rico by N. L. Britton and E. G. Britton: their significance in plant conservation, horticulture, and education. *Brittonia* 48: 322-336.
- Sastre, I. y B. Tan, 1995. Problems of bryophyte conservation in the tropics: a discussion, with case example from Puerto Rico and the Philippines. *Caribbean Journal of Science* 31 (3-4): 200-206.
- Schluter, D. 1984. A variance test for detecting species associations, with some example applications. *Ecology* 65: 998-1005.

- Schmidt, T. 1918. Die Verbreitung von Samen und Blütenstaub durch die Luftbewegung. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 67: 313-328.
- Serrano, Y. 1997. Mosses from disturbed sites of forest reserves of the North Coast limestone area of Puerto Rico. *Evansia* 14(3): 80-88.
- Schofield, W. B. 1985. Introduction to bryology. Macmillan Publishing Company, New York. 431 pp.
- Söderström, L. 1998. Modelling the dynamics of bryophyte populations. En: J. Bates, N. Ashton, J. Duckett (eds). *Bryology for the twenty-first century*, pp. 321-330. Maney Publishing and the British Bryological Society, Hudson Road, United Kingdom.
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Tercera edición. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey. 662 pp.

## **TABLAS**

**Tabla 1.** Localización de las estaciones de muestreo del inventario ecológico.

Estaciones	Altura (msnm)	Coordenadas	Carretera
Estación 1	15	18°12.830'N 67°08.177'W	108
Estación 2	165	18°12.626'N 67°05.735'W	106 Este
Estación 3	246	18°11.546'N 67°00.766'W	357 Este
Estación 4	336	18°11.465'N 67°00.396'W	357 Este
Estación 5	445	18°10.746'N 66°59.181'W	120 Sur

**Tabla 2.** Localización de las estaciones de muestreo del inventario florístico.

Estaciones	Altura (msnm)	Coordenadas	Carretera
Estación 1	15	18°12.832'N 67°08.187'W	108
Estación 2	20	18°12.591'N 67°06.814'W	108
Estación 3	140	18°12.627'N 67°05.755'W	106 Este
Estación 4	234	18°12.822'N 67°04.432'W	106 Este
Estación 5	290	18°12.496'N 67°03.470'W	106 Este
Estación 6	162	18°10.976'N 67°01.960'W	119 Sur
Estación 7	177	18°11.175'N 67°01.736'W	119 Sur
Estación 8	180	18°11.191'N 67°01.699'W	357 Este
Estación 9	255	18°11.412'N 66°59.402'W	357 Este
Estación 10	375	18°11.225'N 66°59.207'W	357 Este
Estación 11	369	18°11.172'N 66°59.238'W	357 Este
Estación 12	449	18°10.843'N 66°59.191'W	120 Sur
Estación 13	462	18°10.762'N 66°59.183'W	120 Sur

**Tabla 3.** Lista de especies del inventario ecológico en las cinco estaciones de muestreo del transecto Mayagüez-Maricao (Puerto Rico): Primera estación (E1); segunda estación (E2); tercera estación (E3); cuarta estación (E4); quinta estación (E5).

Familia	Especie	Estaciones de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	E5
Bartramiaceae	<i>Philonotis sphaerocarpa</i> (Hedw.) Brid.		*			
	<i>Philonotis uncinata</i> (Schwaegr.) Brid.					*
Calympereaceae	<i>Calymperes afzelii</i> Sw.			*		
Callicostaceae	<i>Callicostella pallida</i> (Hornschn.) Ångstr.				*	
Dicranaceae	<i>Dicranella hilariana</i> (Mont.) Mitt.		*		*	*
Fissidentaceae	<i>Fissidens angustifolius</i> Sull.				*	
	<i>Fissidens elegans</i> Brid.					*
Hypnaceae	<i>Chryso-hypnum diminutivum</i> (Hampe) W. R. Buck		*			
	<i>Isoterygium tenerifolium</i> Mitt.					*

**Tabla 3.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	E5
Polytrichaceae	<i>Pogonatum tortile</i> (Sw.) Brid.		*			*
Pottiaceae	<i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng.		*			
Sematophyllaceae	<i>Pterogonidium pulchellum</i> (Hook.) Müll. Hal. ex Broth. <i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton			*		
	<i>Taxithelium planum</i> (Brid.) Mitt.		*			*
Aneuraceae	<i>Riccardia digitiloba</i> (Spruce) Pagán					*
Anthocerotaceae	<i>Phaeoceros laevis</i> (L.) Prosk.					*

**Tabla 3.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	E5
Anthocerotaceae	<i>Anthoceros punctatus</i> L.			*		
Calypogeiaceae	<i>Calypogeia laxa</i> Gott. & Lindenb.					*
Codoniaceae	<i>Fossombronia brasiliensis</i> Steph.	*	*	*		*
Geocalyceae	<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dum.			*		*
Lejeuneaceae	<i>Taxilejeunea obtusangula</i> (Spruce) Evans			*		
	<i>Lejeunea cladogyna</i> Evans		*			
	<i>Lejeunea glaucescens</i> Gott.		*		*	
Marchantiaceae	<i>Marchantia chenopoda</i> L.					*
Wiesnerellaceae	<i>Dumortiera hirsuta</i> (Sw.) Nees					*

**Tabla 4.** Lista de las especies de briofitos del inventario florístico en el transecto Mayagüez-Maricao.

Familia	Especie	Estaciones de muestreo												
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
Bartramiaceae	<i>Philonotis uncinata</i> (Schwaegr.) Brid.	*			*		*	*	*	*	*	*	*	*
Brachytecniaceae	<i>Brachytecium zanonii</i> W. R. Buck					*								
	<i>Rhynchosostegium</i> <i>serrulatum</i> (Hedw.) A. Jaeger											*		
	<i>Brachytecium ruderale</i> (Brid.) W. R. Buck											*		
Bryaceae	<i>Bryum truncorum</i> (Brid.) Brid.									*				
Calymperaceae	<i>Calymperes afzelii</i> Sw.									*				
Callicostaceae	<i>Callicostella pallida</i> (Hornsch.) Ångstr.									*	*	*	*	*

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo													
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	
Dicranaceae	<i>Dicranella hilariana</i>	*	*		*		*		*		*		*		*
	(Mont.) Mitt.														
	<i>Dicranella cf. herminieri</i> Besch.						*								
Entodontaceae	<i>Entodon macropodus</i> (Hedw.) Müll. Hal.												*		
Fissidentaceae	<i>Fissidens elegans</i> Brid.	*	*		*		*		*		*		*		*
	<i>Fissidens angustifolius</i> Sull.	*	*		*		*		*		*		*		*
	<i>Fissidens steerei</i> Grout		*		*		*		*		*		*		*
	<i>Fissidens dissitifolius</i> Sull.				*		*		*		*		*		*
	<i>Fissidens palmatus</i> Hedw.				*		*		*		*		*		*
<i>Fissidens weirii</i> Mitt.				*		*		*		*		*		*	

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo												
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
Hypnaceae	<i>Vesicularia vesicularis</i>													
	<i>var. rutilans</i>	*			*		*		*					
	(Brid.) W. R. Buck													
	<i>Chryso-hypnum</i>													
	<i>diminutivum</i>			*								*	*	*
(Hampe) W. R. Buck														
<i>Isopterygium tenerifolium</i>											*	*	*	
Mitt.														
Leskeaceae	<i>Haplocladium</i>													
	<i>microphyllum</i>													
	(Hedw.) Broth.				*						*			
Lepyrodontaceae	<i>Lepyrodontopsis</i>													*
	<i>trichophylla</i>													*
	(Hedw.) Broth.													*

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo															
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13			
Leptodontaceae	<i>Pseudocryphaea domingensis</i> (Spreng.) W. R. Buck						*										
Leucobryaceae	<i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.				*												
Myriniaceae	<i>Helicodontium capillare</i> (Hedw.) A. Jaeger				*												
Neckeraceae	<i>Neckeropsis disticha</i> (Hedw.) Kindb.						*										
Polytrichaceae	<i>Pogonatum tortile</i> (Sw.) Brid.			*						*	*	*	*	*			
Pottiaceae	<i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeger & Sauerb.		*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo												
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
Pottiaceae	<i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng.			*		*		*						
	<i>Trichostomum jamaicense</i> (Mitt.) Jaeg.			*				*						
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum adnatum</i> (Michx.) E. Britton							*				*	*	*

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo												
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum galipense</i> (Mull. Hal.) Mitt.		*					*			*		*	*
	<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton						*		*				*	*
	<i>Sematophyllum tequendamense</i> (Hampe) Mitt.								*					
	<i>Pterogonium pulchellum</i> (Hook.) Müll. Hal. ex. Broth.	*	*				*		*		*		*	*
<i>Taxithelium planum</i> (Brid.) Mitt.	*	*		*			*				*		*	
Stereophyllaceae	<i>Eulacophyllum cultelliforme</i> (Sull.) W. R. Buck & Ireland											*		*

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo															
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13			
Calypogeaceae	<i>Calypogeia laxa</i> Gott. & Lindb.	*	*		*								*				
Cephalozieaceae	<i>Cephalozieella granatensis</i> (J. B. Jack.) Fulford				*								*				
	<i>Cephalozieopsis intertexta</i> (Gott.) Schust.															*	
Codoniaceae	<i>Fossombronia brasiliensis</i> Steph.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Geocalycaceae	<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dum												*				*
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea cladogyna</i> Evans	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Tabla 4.** Continuación

Familia	Especie	Estaciones de muestreo												
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea trinitensis</i>				*	*	*							
	Lindenb.													
	<i>Lejeunea floridana</i> Evans						*		*					
	<i>Lejeunea glaucescens</i> Gott.						*		*					
Marchantiaceae	<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees								*	*	*		*	
	<i>Omphalantus filiformis</i> (Sw.) Nees												*	
Marchantiaceae	<i>Marchantia chenopoda</i> L.							*		*	*	*	*	
Plagiochilaceae	<i>Plagiochila divaricata</i> Lindenb.		*											
	<i>Plagiochila dichotoma</i> (Nees) Dum.								*		*			
Wiesnerellaceae	<i>Dumortiera hirsuta</i> (Sw.) Nees													*

**Tabla 5.** Sustratos en los cuales se encontraron las especies de briofitos de los inventarios florístico y ecológico. A: asfalto; Ar: arcilla; C: concreto; MD: madera en descomposición; R: roca; RZ: raíz; TV: Tronco vivo; B: Bambú.

Especies	Sustratos									
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B		
<i>Barbula indica</i> (Hook.) Spreng.		*								
<i>Brachytecium ruderale</i> (Brid.) W. R. Buck		*								
<i>Brachytecium zanonii</i> W. R. Buck		*								
<i>Bryum truncorum</i> (Brid.) Brid.		*								
<i>Calymperes afzelii</i> Sw.										*
<i>Callicostella pallida</i> (Hornsch.) Ångstr.		*							*	
<i>Chryso-hyponum diminutivum</i> (Hampe) W. R. Buck		*							*	
<i>Dicranella hilariana</i> (Mont.) Mitt.		*							*	
<i>Dicranella cf. herminieri</i> Besch.		*								

**Tabla 5.** Continuación

Especies	Sustratos									
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B		
<i>Entodon macropodus</i> (Hedw.) Müll. Hal.		*			*					
<i>Eulacophyllum cultelliforme</i> (Sull.) W. R. Buck & Ireland					*					
<i>Fissidens angustifolius</i> Sull.		*	*							
<i>Fissidens dissitifolius</i> Sull.		*	*							
<i>Fissidens elegans</i> Brid.		*		*		*				
<i>Fissidens palmatus</i> Hedw.		*								
<i>Fissidens steerei</i> Grout.		*								
<i>Fissidens weirii</i> Mitt.		*								
<i>Haplocladium microphyllum</i> (Hedw.) Broth.		*							*	

**Tabla 5.** Continuación

Especies	Sustratos										
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B			
<i>Helicodontium capillare</i> (Hedw.) A. Jaeger			*								
<i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeger & Sauerb.	*	*	*			*					
<i>Isopterygium tenerifolium</i> Mitt.		*				*					
<i>Lepyrodontopsis trichophylla</i> (Hedw.) Broth.		*									
<i>Neckeropsis disticha</i> (Hedw.) Kindb.						*					
<i>Octoblepharum albidum</i> Hedw.									*		
<i>Philonotis uncinata</i> (Schwaegr.) Brid.		*				*					
<i>Philonotis sphaerocarpa</i> (Hedw.) Brid.		*									
<i>Pogonatum tortile</i> (Sw.) Brid.		*									

**Tabla 5.** Continuación

Especies	Sustratos									
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B		
<i>Pterogonidium pulchellum</i> (Hook.) Müll. Hal. ex. Broth.		*		*			*	*		*
<i>Pseudocryphaea dominguisis</i> (Spreng.) W. R. Buck								*		
<i>Rhynchoszegium serrulatum</i> (Hedw.) A. Jaeger					*					
<i>Sematophyllum adnatum</i> (Michx.) E. Britton		*					*			*
<i>Sematophyllum galipense</i> (Mull. Hal.) Mitt.		*			*					
<i>Sematophyllum subpinnatum</i> (Brid.) E. Britton		*			*		*	*		*
<i>Sematophyllum tequendamense</i> (Hampe) Mitt.				*				*		*

**Tabla 5.** Continuación

Especies	Sustratos									
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B		
<i>Taxithelium planum</i> (Brid.) Mitt.		*							*	
<i>Trichostomum jamaicense</i> (Mitt.) Jaeg.		*								
<i>Vesicularia vesicularis</i> var. <i>rutilans</i> (Brid.) W. R. Buck		*								*
<i>Anthoceros punctatus</i> L.		*								
<i>Calypogeia laxa</i> Gott. & Lindb.		*								
<i>Cephaloziella granatensis</i> (J. B. Jack.) Fulford		*								
<i>Cephaloziopsis intertexta</i> (Gott.) Schust.		*								
<i>Dumortiera hirsuta</i> (Sw.) Nees		*								
<i>Fossombronia brasiliensis</i> Steph.		*								

**Tabla 5.** Continuación

Especies	Sustratos										
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B			
<i>Lejeunea cladogyna</i> Evans		*		*	*	*	*				*
<i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees		*									*
<i>Lejeunea floridana</i> Evans		*			*						
<i>Lejeunea glaucescens</i> Gott.		*			*						*
<i>Lejeunea trinitensis</i> Lindenb.			*			*					*
<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dum		*									*
<i>Marchantia chenopoda</i> L.		*									
<i>Omphalantus filiformis</i> (Sw.) Nees		*									
<i>Phaeoceros laevis</i> (L.) Prosk.		*									

**Tabla 5.** Continuación

Especies	Sustratos									
	A	Ar	C	MD	R	RZ	TV	B		
<i>Plagiochila dichotoma</i> (Nees) Dum.				*						*
<i>Plagiochila divaricata</i> Lindenb.		*								
<i>Riccardia digitiloba</i> (Spruce) Pagán		*								
<i>Taxilejeunea obtusangula</i> (Spruce) Evans		*								

**Tabla 6.** Formas de crecimiento de las especies de briofitos encontradas en el transecto Mayagüez-Maricao

Forma de crecimiento	Especies
<b>Formas Sociales</b>	
Tapetes lisos	<i>Entodon macropodus</i>
	<i>Helicodontium capillare</i>
	<i>Isopterygium tenerifolium</i>
	<i>Lejeunea cladogyna</i>
	<i>Lejeunea glaucescens</i>
	<i>Lejeunea floridana</i>
	<i>Taxithelium planum</i>
	<i>Vesicularia vesicularis</i> var. <i>rutilans</i>

**Tabla 6.** Continuación

---

Tapetes parecidos a fibras	<i>Cephaloziella granatensis</i>
	<i>Cephaloziopsis intertexta</i>
	<i>Lejeunea flava</i>
	<i>Lejeunea trinitensis</i>
	<i>Omphalantus filiformis</i>
	<i>Taxilejeunea obtusangula</i>
Tapetes toscos	<i>Brachytecium ruderale</i>
	<i>Brachytecium zanonii</i>
	<i>Calypogeia laxa</i>
	<i>Chryso-hypnum diminutivum</i>
	<i>Callicostella pallida</i>
	<i>Eulacophyllum cultelliforme</i>
	<i>Fossombronina brasiliensis</i>

---

**Tabla 6.** Continuación

---

Tapetes toscos	<i>Haplocladium microphyllum</i>
	<i>Lophocolea bidentata</i>
	<i>Pterogonidium pulchellum</i>
	<i>Rhynchoszegium serrulatum</i>
	<i>Sematophyllum adnatum</i>
	<i>Sematophyllum galipense</i>
	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>
	<i>Sematophyllum tequendamense</i>

---

**Tabla 6.** Continuación

---

Tapete taloso	<i>Anthoceros punctatus</i>
	<i>Dumortiera hirsuta</i>
	<i>Marchantia chenopoda</i>
	<i>Phaeoceros laevis</i>
	<i>Riccardia digitiloba</i>
Tepes o cespedes abiertos	<i>Fissidens angustifolius</i>
	<i>Fissidens dissitifolius</i>
	<i>Fissidens elegans</i>
	<i>Fissidens palmatus</i>
	<i>Fissidens steerei</i>
	<i>Fissidens weirii</i>

---

**Tabla 6.** Continuación

---

Tepes altos	<i>Lepyrodontopsis trichophylla</i>
	<i>Dicranella hilariana</i>
	<i>Dicranella cf. herminieri</i>
	<i>Octoblepharum albidum</i>
	<i>Philonotis uncinata</i>
	<i>Philonotis sphaerocarpa</i>
Tepes cortos	<i>Barbula indica</i>
	<i>Bryum truncorum</i>
	<i>Hyophila involuta</i>
	<i>Trichostomum jamaicense</i>

---

**Tabla 6.** Continuación

---

Cojines pequeños	<i>Calymperes afzelii</i>
<b>Solitaria</b>	
Manojos	<i>Pogonatum tortile</i>
Formas delgadas	<i>Neckeropsis disticha</i> <i>Pseudocryphaea dominguisis</i>
Ramificación dendroide	<i>Plagiochila divaricata</i> <i>Plagiochila dichotoma</i>

---

**Tabla 7.** Índices de asociación interespecífica para la estación 2, inventario ecológico. (1) *Fossombronía brasiliensis*, (2) *Dicranella hilariana*, (3) *Pogonatum tortile*, (4) *Barbula indica*. En negrita los valores significativos.

Pares de especies	Asociación (+/-)	Índices de Asociación		
		Ochiai	Dice	Jaccard
1 - 2	(-)	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>	<b>0.8</b>
1 - 3	(-)	0.56	0.52	0.35
1 - 4	(+)	0.12	0.02	0.014
2 - 3	(+)	<b>0.66</b>	<b>0.61</b>	<b>0.44</b>
2 - 4	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 4	(-)	0.00	0.00	0.00

**Tabla 8.** Índices de asociación interespecífica para la estación 3, inventario ecológico. (1) *Sematophyllum subpinnatum*, (2) *Philonotis sphaerocarpa*, (3) *Calymperes afzelii*, (4) *Taxithelium planum*, (5) *Pterogonidium pulchellum*. En negrita los valores significativos.

Pares de especies	Asociación (+/-)	Índices de Asociación		
		Ochiai	Dice	Jaccard
1 - 2	(+)	<b>0.491</b>	<b>0.438</b>	<b>0.281</b>
1 - 3	(+)	<b>0.316</b>	<b>0.182</b>	<b>0.1</b>
1 - 4	(+)	0.158	0.091	0.048
1 - 5	(-)	0.141	0.133	0.071
2 - 3	(-)	0.097	0.036	0.019
2 - 4	(-)	0.097	0.036	0.019
2 - 5	(-)	<b>0.304</b>	<b>0.222</b>	<b>0.125</b>
3 - 4	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 5	(-)	0.00	0.00	0.00
4 - 5	(-)	0.00	0.00	0.00

**Tabla 9.** Índices de asociación interespecífica para la estación 4, inventario ecológico. (1) *Fossombronia brasiliensis*, (2) *Lophocolea bidentata*, (3) *Fissidens angustifolius*, (4) *Anthoceros punctatus*, (5) *Taxilejeunea obtusangula*, (6) *Callicostella pallida*, (7) *Dicranella hilariana*, (8) *Lejeunea glaucescens*. En negrita los valores significativos.

<b>Índices de Asociación</b>				
<b>Pares de especies</b>	<b>Asociación (+/-)</b>	<b>Ochiai</b>	<b>Dice</b>	<b>Jaccard</b>
1 - 2	(-)	<b>0.462</b>	<b>0.46</b>	<b>0.299</b>
1 - 3	(-)	0.059	0.037	0.019
1 - 4	(-)	0.00	0.00	0.00
1 - 5	(+)	<b>0.327</b>	<b>0.218</b>	<b>0.122</b>
1 - 6	(+)	0.167	0.078	0.041
1 - 7	(+)	<b>0.476</b>	<b>0.424</b>	<b>0.269</b>
1 - 8	(+)	0.204	0.08	0.042
2 - 3	(+)	0.261	0.178	0.098
2 - 4	(-)	0.00	0.00	0.00
2 - 5	(-)	0.061	0.043	0.022
2 - 6	(+)	0.185	0.095	0.05
2 - 7	(-)	0.151	0.14	0.075
2 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 4	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 5	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 6	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 7	(-)	0.00	0.00	0.00
3 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
4 - 5	(-)	0.00	0.00	0.00
4 - 6	(-)	0.00	0.00	0.00
4 - 7	(-)	0.00	0.00	0.00
4 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
5 - 6	(-)	0.00	0.00	0.00
5 - 7	(+)	<b>0.356</b>	<b>0.32</b>	<b>0.19</b>
5 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
6 - 7	(-)	0.00	0.00	0.00
6 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
7 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00

**Tabla 10.** Índices de asociación interespecífica para la estación 5, inventario ecológico. (1) *Dicranella hilariana*, (2) *Pogonatum tortile*, (3) *Marchantia chenopoda*, (4) *Fossombronia brasiliensis*, (5) *Riccardia digitiloba*, (6) *Fissidens elegans*, (7) *Dumortiera hirsuta*, (8) *Isopterygium tenerifolium*, (9) *Calypogeia laxa*, (10) *Lophocolea bidentata*, (11) *Philonotis uncinata*, (12) *Phaeoceros laevis*. En negrita los valores significativos.

<b>Índices de Asociación</b>				
<b>Pares de especies</b>	<b>Asociación (+/-)</b>	<b>Ochiai</b>	<b>Dice</b>	<b>Jaccard</b>
1 - 2	(+)	<b>0.72</b>	<b>0.72</b>	<b>0.56</b>
1 - 3	(-)	<b>0.68</b>	<b>0.67</b>	<b>0.51</b>
1 - 4	(-)	<b>0.53</b>	<b>0.53</b>	<b>0.36</b>
1 - 5	(+)	0.24	0.16	0.09
1 - 6	(-)	0.20	0.15	0.08
1 - 7	(-)	0.28	0.27	0.16
1 - 8	(-)	0.17	0.12	0.06
1 - 9	(-)	0.28	0.24	0.14
1 - 10	(-)	0.24	0.18	0.10
1 - 11	(-)	0.19	0.17	0.09
1 - 12	(-)	0.00	0.00	0.00
2 - 3	(+)	<b>0.70</b>	<b>0.69</b>	<b>0.53</b>
2 - 4	(-)	0.49	0.49	0.32
2 - 5	(+)	0.37	0.24	0.14
2 - 6	(+)	0.35	0.26	0.15
2 - 7	(-)	0.03	0.03	0.01
2 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
2 - 9	(-)	0.20	0.17	0.09
2 - 10	(-)	0.00	0.00	0.00
2 - 11	(-)	0.00	0.00	0.00
2 - 12	(-)	0.11	0.08	0.04
3 - 4	(+)	<b>0.73</b>	<b>0.72</b>	<b>0.57</b>
3 - 5	(-)	0.21	0.12	0.07
3 - 6	(+)	0.32	0.21	0.12
3 - 7	(-)	<b>0.55</b>	<b>0.52</b>	<b>0.35</b>
3 - 8	(-)	0.20	0.12	0.06
3 - 9	(-)	0.38	0.30	0.18
3 - 10	(-)	0.26	0.17	0.10
3 - 11	(+)	0.47	0.37	0.23
3 - 12	(+)	0.34	0.21	0.12
4 - 5	(-)	0.18	0.12	0.06
4 - 6	(+)	0.30	0.22	0.12
4 - 7	(+)	<b>0.58</b>	<b>0.56</b>	<b>0.39</b>
4 - 8	(+)	0.28	0.19	0.10

Tabla 10. Continuación.

Pares de especies	Asociación (+/-)	Índices de Asociación		
		Ochiai	Dice	Jaccard
4 - 9	(+)	0.39	0.33	0.20
4 - 10	(-)	0.28	0.21	0.12
4 - 11	(+)	0.50	0.43	0.27
4 - 12	(+)	0.33	0.23	0.13
5 - 6	(+)	0.14	0.13	0.07
5 - 7	(-)	0.00	0.00	0.00
5 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
5 - 9	(-)	0.11	0.10	0.05
5 - 10	(-)	0.00	0.00	0.00
5 - 11	(-)	0.00	0.00	0.00
5 - 12	(-)	0.00	0.00	0.00
6 - 7	(-)	0.06	0.05	0.03
6 - 8	(-)	0.00	0.00	0.00
6 - 9	(-)	0.09	0.09	0.05
6 - 10	(-)	0.11	0.11	0.06
6 - 11	(-)	0.00	0.00	0.00
6 - 12	(+)	0.13	0.13	0.07
7 - 8	(+)	0.42	0.33	0.20
7 - 9	(+)	0.45	0.42	0.27
7 - 10	(+)	0.47	0.41	0.26
7 - 11	(+)	<b>0.72</b>	<b>0.68</b>	<b>0.52</b>
7 - 12	(+)	0.35	0.28	0.16
8 - 9	(-)	0.00	0.00	0.00
8 - 10	(+)	0.24	0.24	0.13
8 - 11	(-)	0.00	0.00	0.00
8 - 12	(-)	0.00	0.00	0.00
9 - 10	(+)	0.17	0.17	0.09
9 - 11	(+)	0.28	0.28	0.16
9 - 12	(-)	0.00	0.00	0.00
10 - 11	(+)	0.41	0.40	0.25
10 - 12	(+)	0.12	0.12	0.063
11 - 12	(+)	0.39	0.364	0.222

**Tabla 11.** Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 1, inventario ecológico.

Especies	Estación 1				Distribución
	$\bar{\chi}$	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup> / $\bar{\chi}$	$\chi^2$	
<i>Chryso-hypnum diminutivum</i>	53.3	18738	351.3	26000	Agrupada
<i>Fossombronía brasiliensis</i>	1.2	54	45	3326	Agrupada
<i>Lejeunea cladogyna</i>	0.64	9.4	15	1100.3	Agrupada
<i>Lejeunea glaucescens</i>	187	42666	229	3200	Agrupada
<i>Taxithelium planum</i>	9.3	679	73	4660	Agrupada

**Tabla 12.** Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 2, inventario ecológico.

Especies	Estación 2				Distribución
	$\chi^2$	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup> / $\chi^2$	$\chi^2$	
<i>Barbula indica</i>	9.4	3289	350.4	25931	Agrupada
<i>Dicranella hilariana</i>	158	21033	133	9845	Agrupada
<i>Fossombronia brasiliensis</i>	169	18480	109.4	8102	Agrupada
<i>Pogonatum tortile</i>	34	1857	55	4056	Agrupada

**Tabla 13.** Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 3, inventario ecológico.

Especies	Estación 3				
	$\bar{\chi}$	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup> / $\bar{\chi}$	$\chi^2$	Distribución
<i>Calymperes afzelii</i>	0.12	0.53	4.5	333	Agrupada
<i>Philonotis sphaerocarpa</i>	16	598	37	2728	Agrupada
<i>Pterogonidium pulchellum</i>	1	16.2	18	1306	Agrupada
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	5.4	298	55	4038	Agrupada
<i>Taxithelium planum</i>	1	26.2	32	2350	Agrupada

**Tabla 14.** Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 4, inventario ecológico.

Especies	Estación 4				Distribución
	$\bar{\chi}$	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup> / $\bar{\chi}$	$\chi^2$	
<i>Anthoceros punctatus</i>	0.05	0.21	4	296	Agrupada
<i>Callicostella pallida</i>	0.03	0.05	2	150	Agrupada
<i>Dicranella hilariana</i>	3	108	38.4	2842	Agrupada
<i>Fissidens angustifolius</i>	1.2	58.2	47.4	3512	Agrupada
<i>Fossombronia brasiliensis</i>	7.4	148	20	1475	Agrupada
<i>Lejeunea glaucescens</i>	0.03	0.03	1	73	Azar
<i>Lophocolea bidentata</i>	5.2	113	21	1588	Agrupada
<i>Taxilejeunea obtusangula</i>	0.31	1.6	5.1	378	Agrupada

**Tabla 15.** Índice de dispersión y distribución de los briofitos en la estación 5, inventario ecológico.

Especies	Estación 5				Distribución
	$\bar{\chi}$	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup> / $\bar{\chi}$	$\chi^2$	
<i>Calypogeia laxa</i>	1	14	18.2	1349	Agrupada
<i>Dicranella hilariana</i>	110	26298	239	17683	Agrupada
<i>Dumortiera hirsuta</i>	5	101.5	22	1623.5	Agrupada
<i>Fissidens elegans</i>	1	12	12.3	912	Agrupada
<i>Fossombronia brasiliensis</i>	5	87.4	18	1300	Agrupada
<i>Isopterygium tenerifolium</i>	1.5	33	22	1561	Agrupada
<i>Lophocolea bidentata</i>	0.3	1	3.3	242	Agrupada
<i>Marchantia chenopoda</i>	32	2189	69	5104	Agrupada
<i>Phaeoceros laevis</i>	0.15	0.23	1.6	118	Agrupada
<i>Philonotis uncinata</i>	1.2	23.3	19.4	1438	Agrupada
<i>Pogonatum tortile</i>	28	1367	49	3659	Agrupada
<i>Riccardia digitiloba</i>	0.5	7	12.3	912.5	Agrupada

## **FIGURAS**

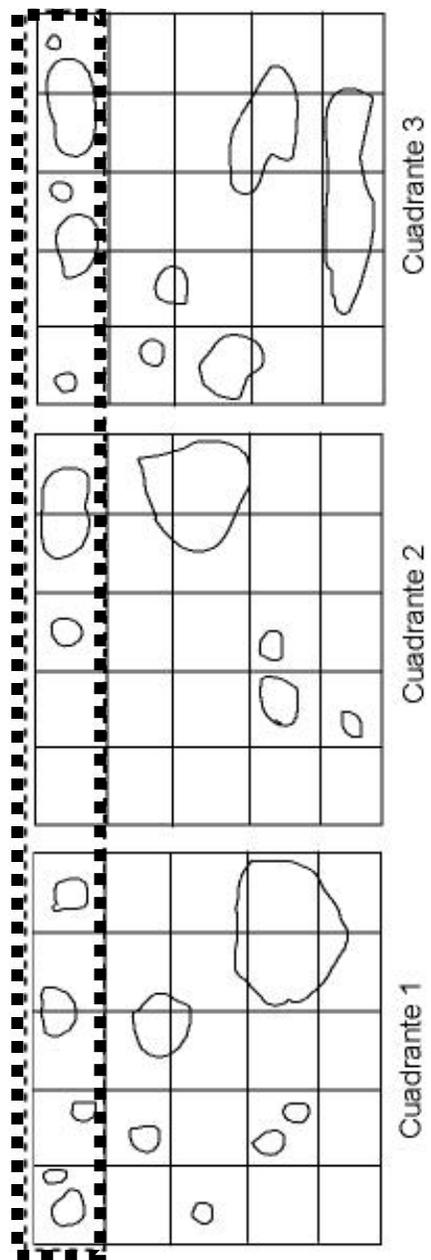




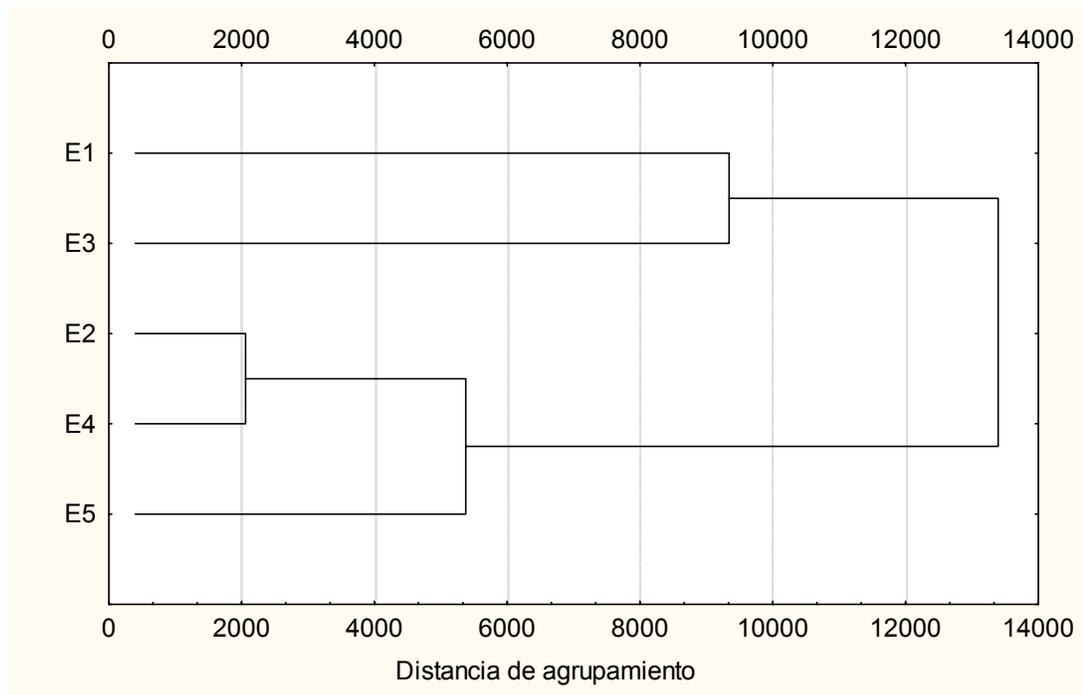
**Figura 2.** Ubicación del cuadrante y subcuadrante sobre los taludes.



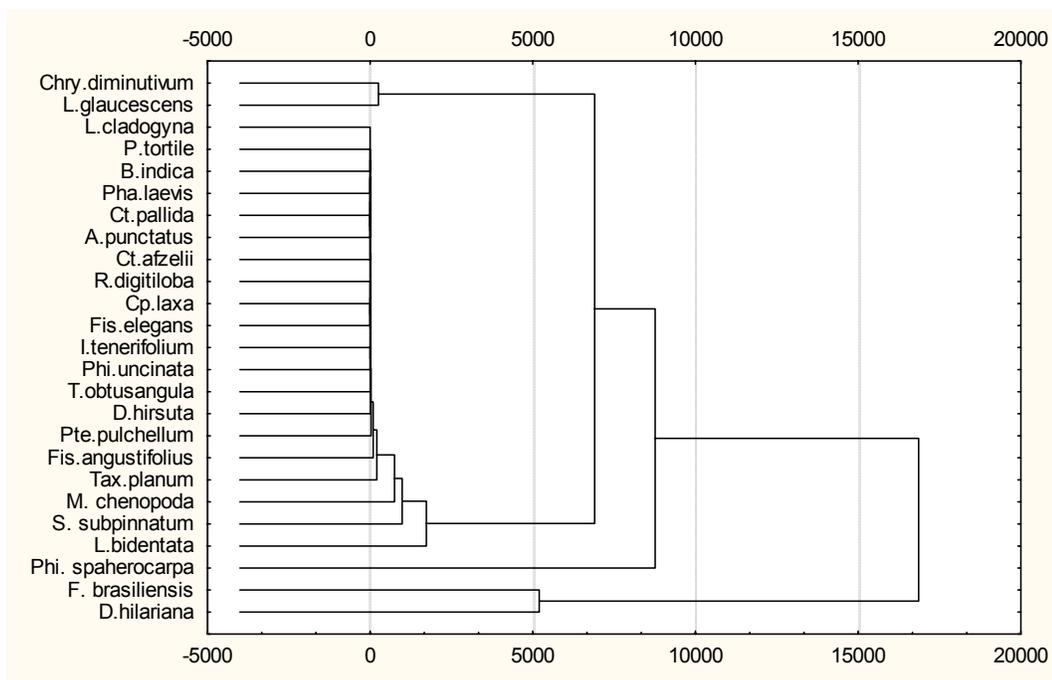
**Figura 3.** Ubicación del subcuadrante de 20 cm<sup>2</sup> sobre el talud.



**Figura 4.** Método del TTLQV para determinar los patrones de distribución en cada transecto del inventario ecológico. Localización del cinturón de cuadrantes contiguos, el tamaño del cinturón fue de 15 subcuadrantes.

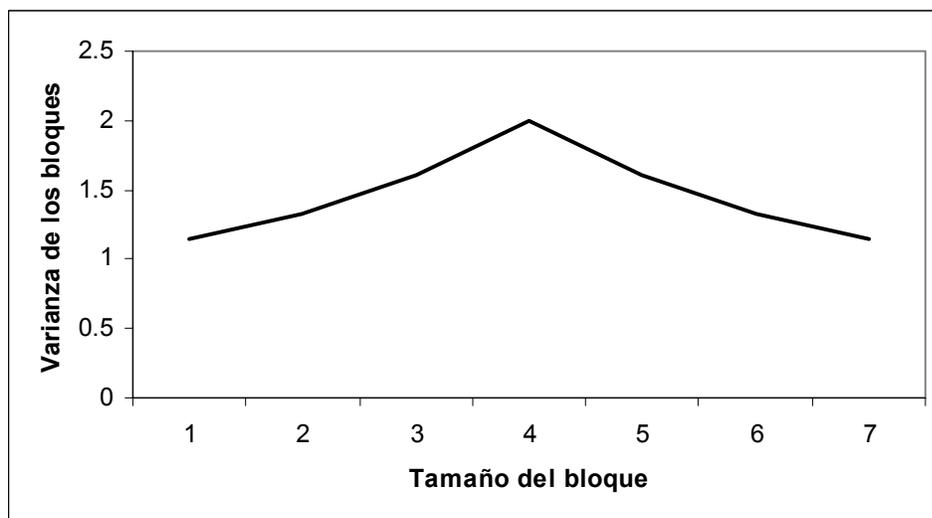


**Figura 5.** Agrupamiento de las estaciones de muestreo del inventario ecológico con base en la cobertura de especies de briofitos.

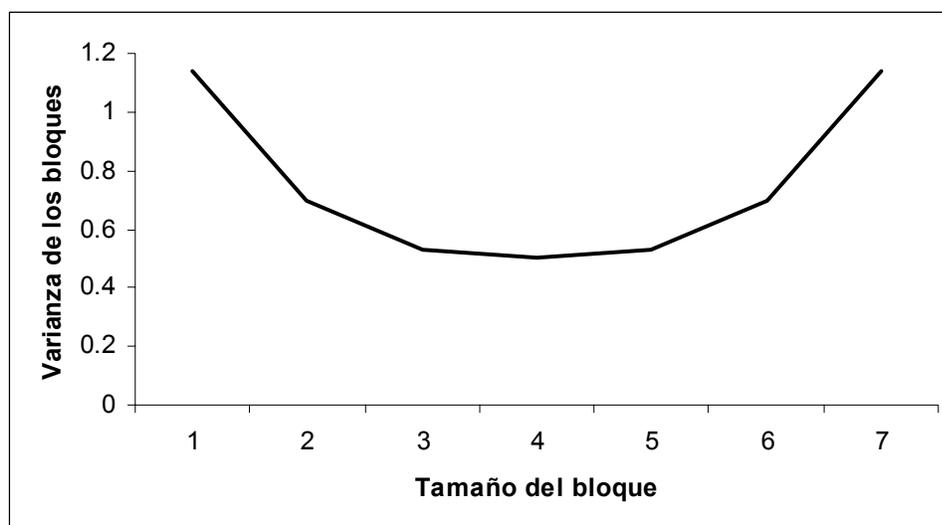


Distancia de agrupamiento

**Figura 6.** Agrupamiento de las especies de briofitos del inventario ecológico.



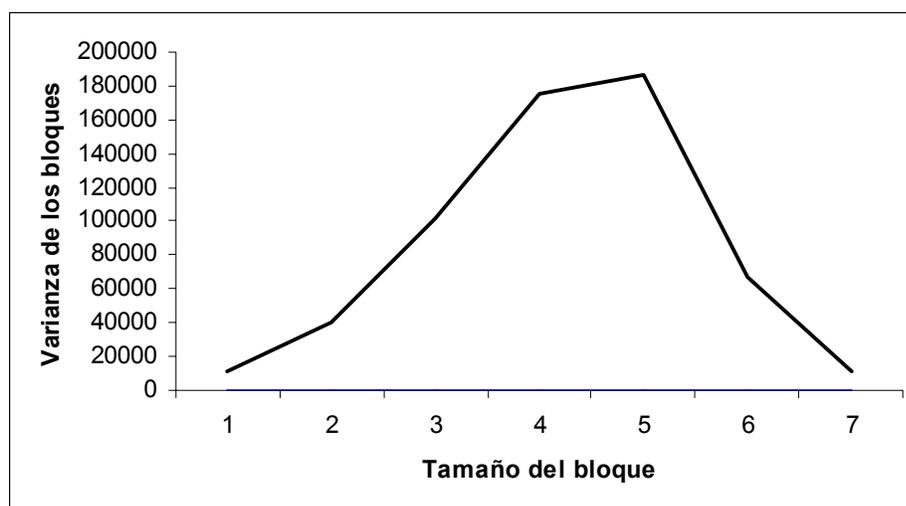
**Figura 7.** Distribución al azar del musgo *Barbula indica* en el inventario ecológico, estación 2.



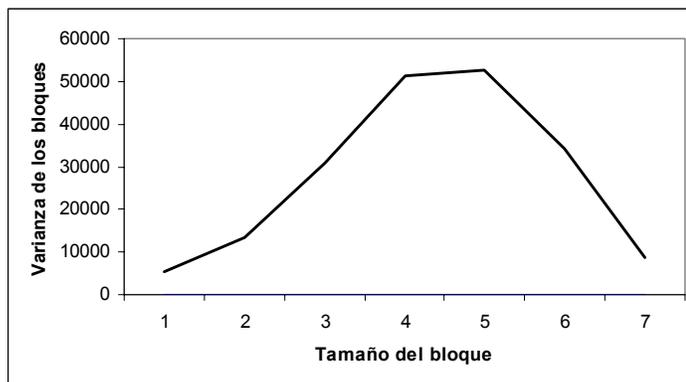
**Figura 8.** Distribución al azar del musgo *Calymperes afzelii* en el inventario ecológico, estación 3.



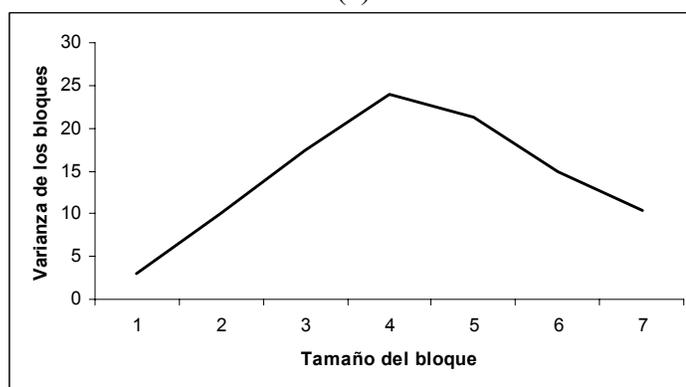
**Figura 9.** Distribución al azar del musgo *Callicostella pallida* en el inventario ecológico, estación 4.



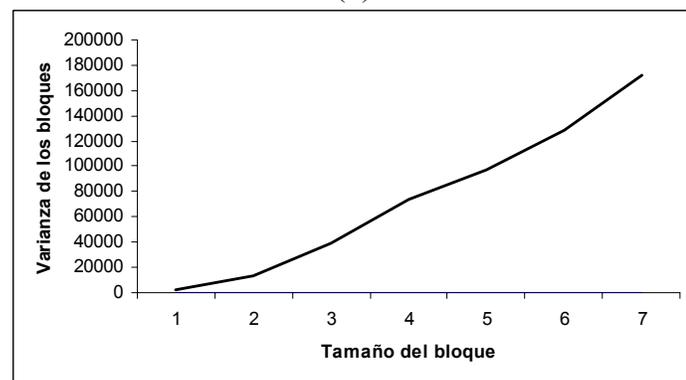
**Figura 10.** Distribución agrupada del musgo *Chryso-hypnum diminutivum* en el inventario ecológico, estación 1.



(a)



(b)

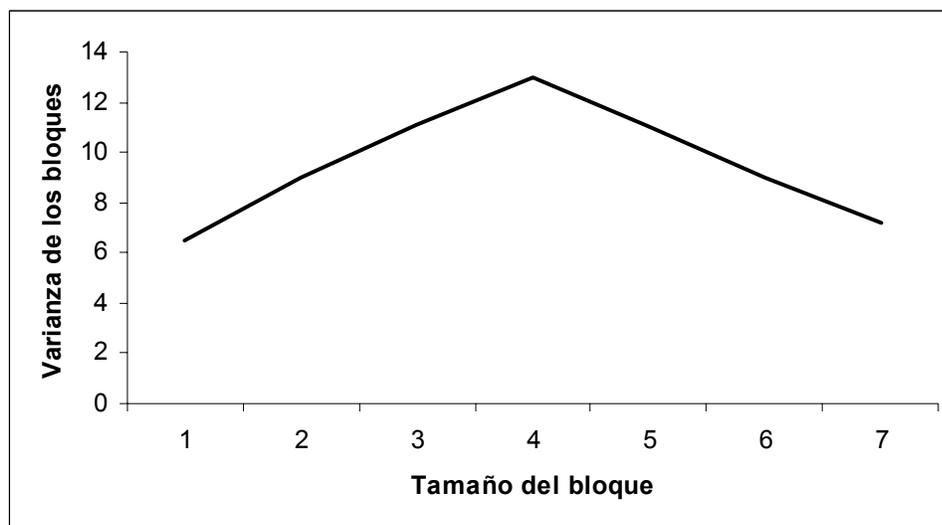


(c)

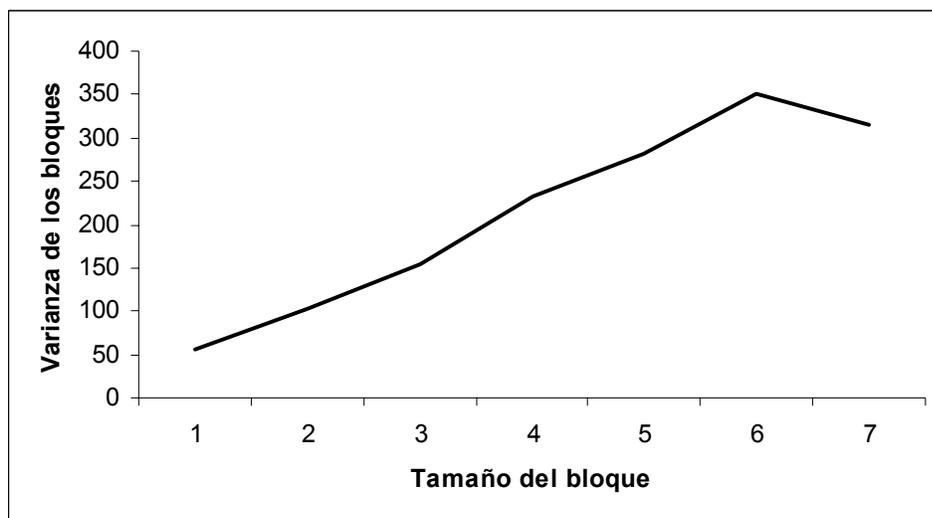
**Figura 11.** Distribución agrupada del musgo *Dicranella hilariana* en el inventario ecológico. (a) Estación 2; (b) estación 4; (c) estación 5.



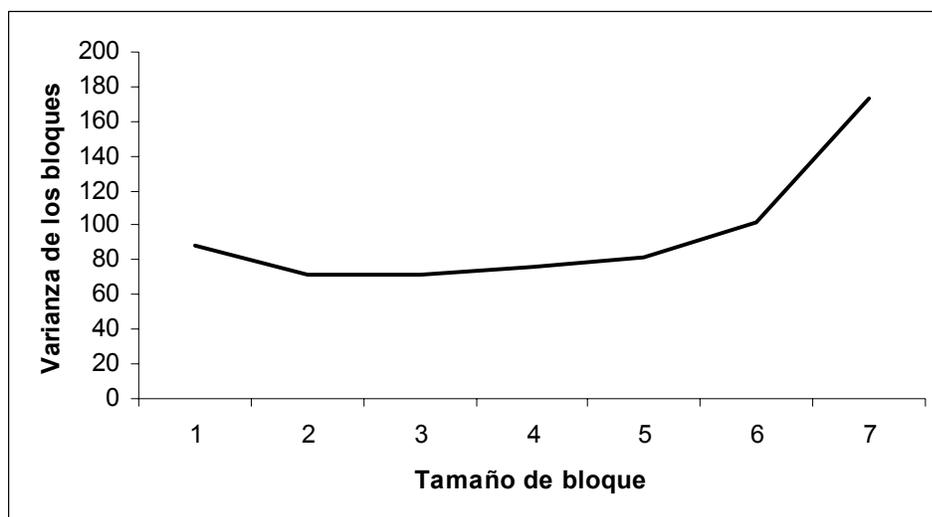
**Figura 12.** Distribución al azar del musgo *Fissidens angustifolius* en el inventario ecológico, estación 4.



**Figura 13.** Distribución agrupada del musgo *Fissidens elegans* en el inventario ecológico, estación 5.



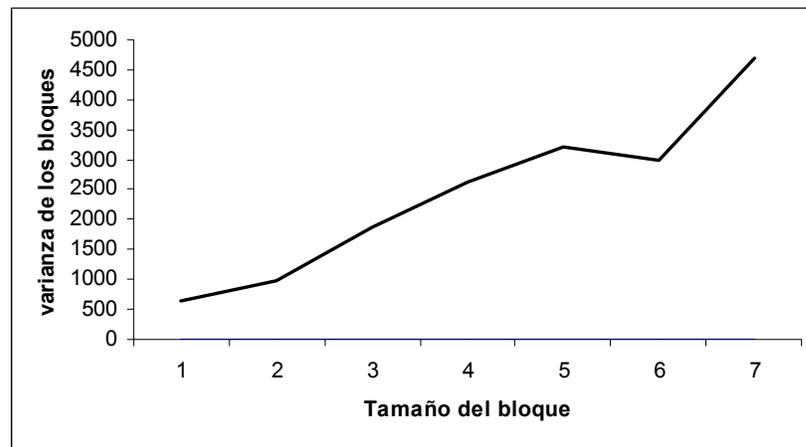
**Figura 14.** Distribución agrupada del musgo *Isopterygium tenerifolium* en el inventario ecológico, estación 5.



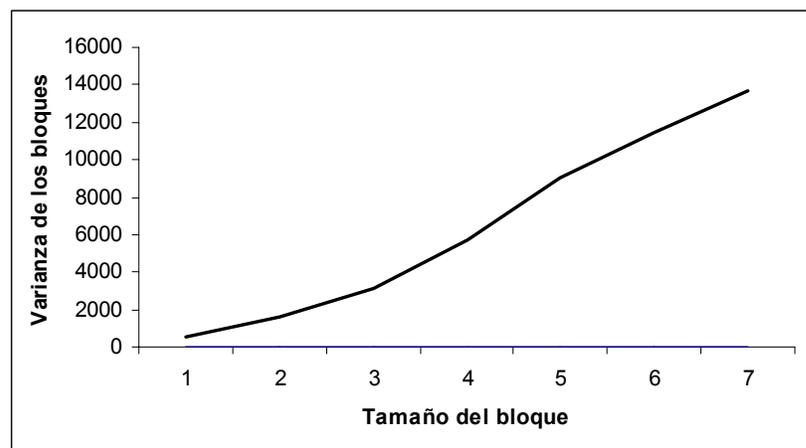
**Figura 15.** Distribución agrupada del musgo *Philonotis uncinata* en el inventario ecológico, estación 5.



**Figura 16.** Distribución agrupada del musgo *Philonotis sphaerocarpa* en el inventario ecológico, estación 3.

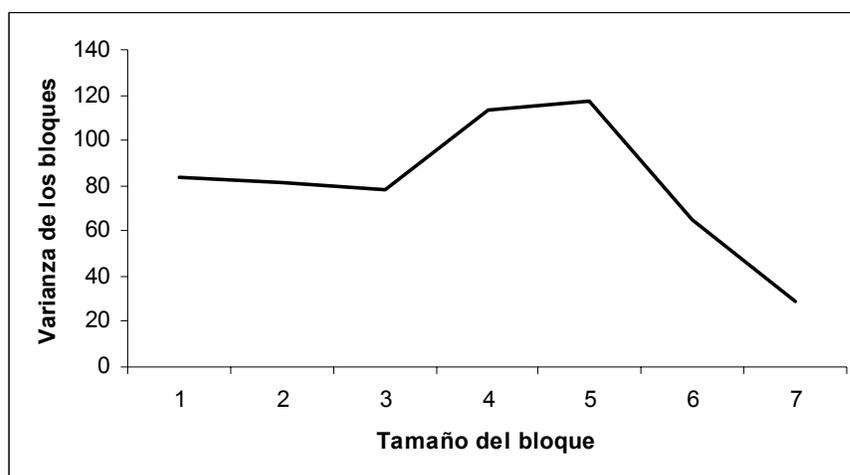


(a)



(b)

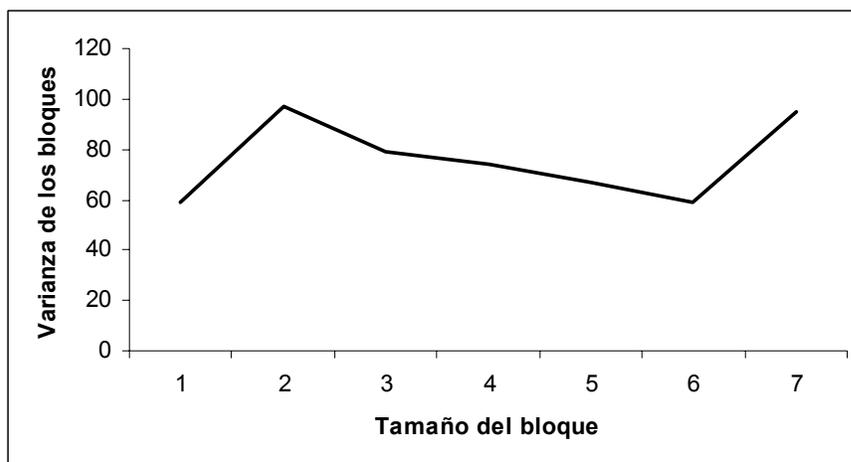
**Figura 17.** Distribución agrupada del musgo *Pogonatum tortile* en el inventario ecológico. (a) Estación 2; (b) estación 5.



**Figura 18.** Distribución agrupada del musgo *Pterogonidium pulchellum* en el inventario ecológico, estación 3.



**Figura 19.** Distribución agrupada del musgo *Sematophyllum subpinnatum* en el inventario ecológico, estación 3.

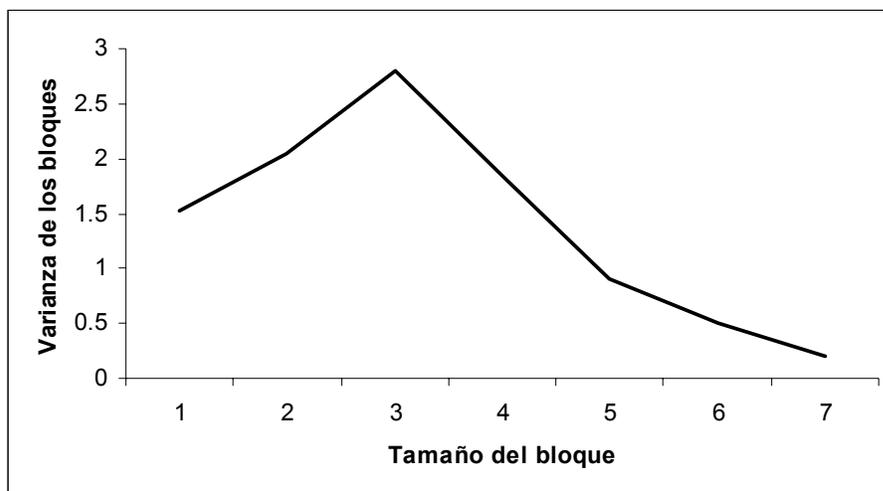


(a)

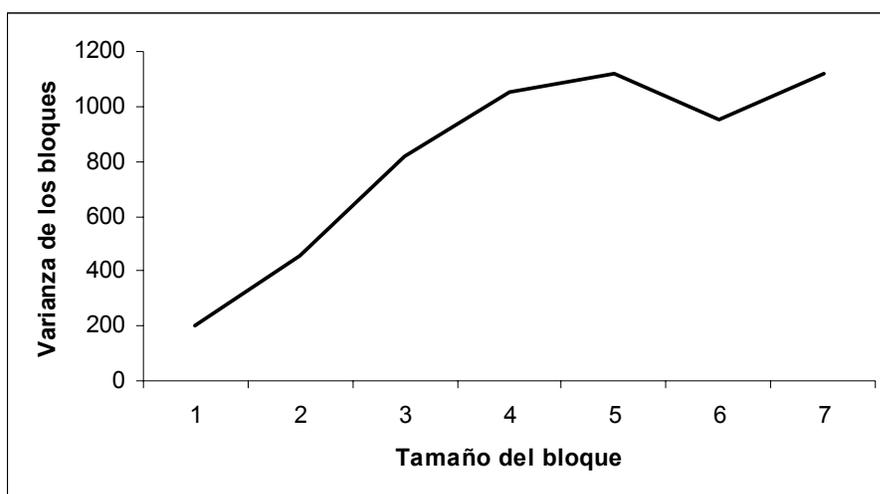


(b)

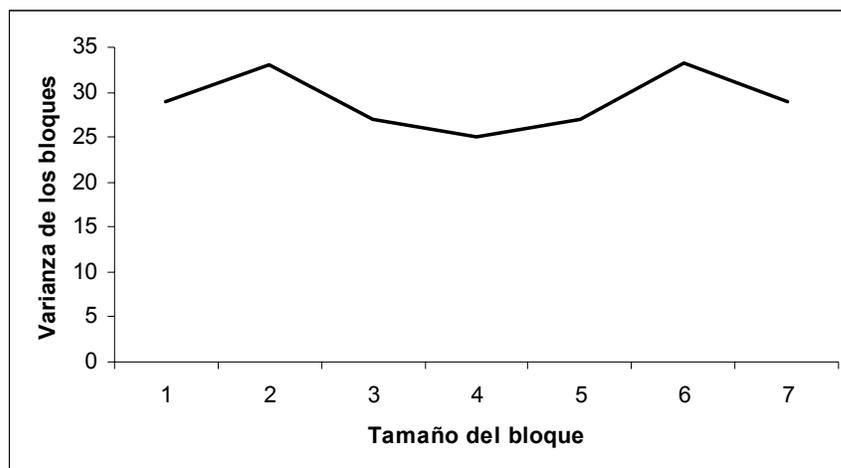
**Figura 20.** Distribución agrupada del musgo *Taxithelium planum* en el inventario ecológico. (a) Estación 1, (b) estación 3.



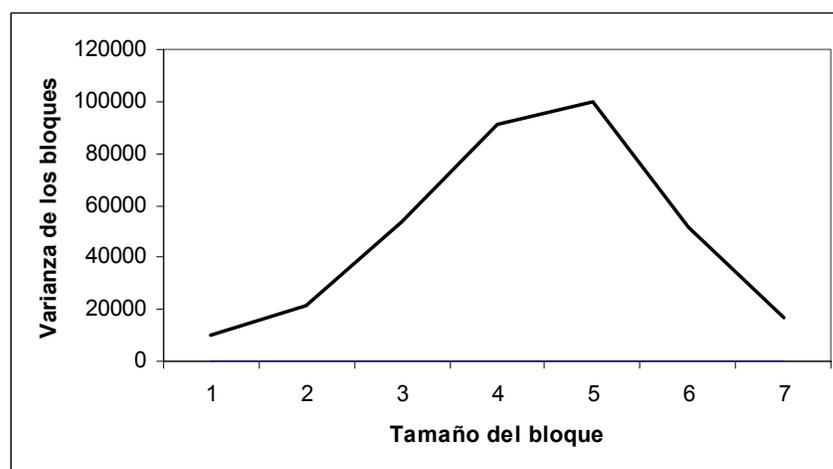
**Figura 21.** Distribución agrupada de la hepática *Calypogeia laxa* en el inventario ecológico, estación 5.



**Figura 22.** Distribución agrupada de la hepática *Dumortiera hirsuta* en el inventario ecológico, estación 5.

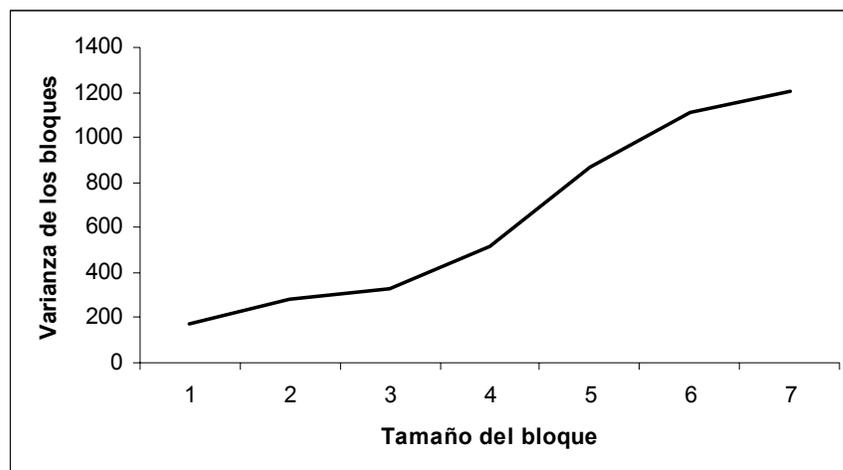


(a)

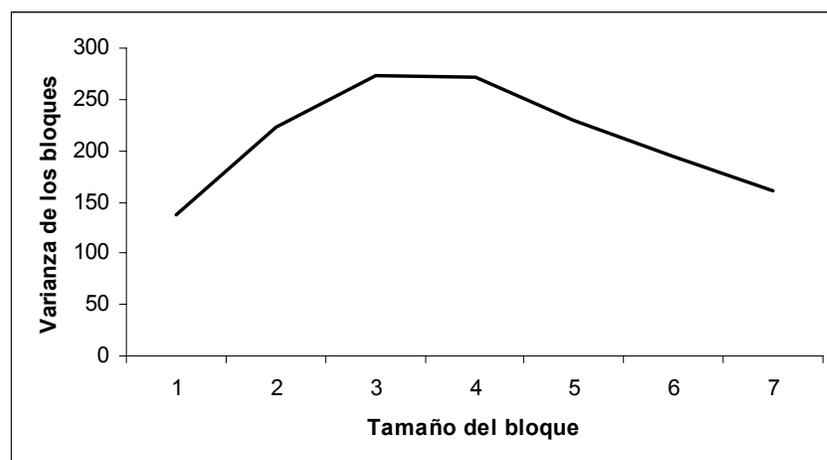


(b)

**Figura 23.** (a) Estación 1, distribución al azar de la hepática *Fossombronia brasiliensis*; (b) estación 2, distribución agrupada. Inventario ecológico.

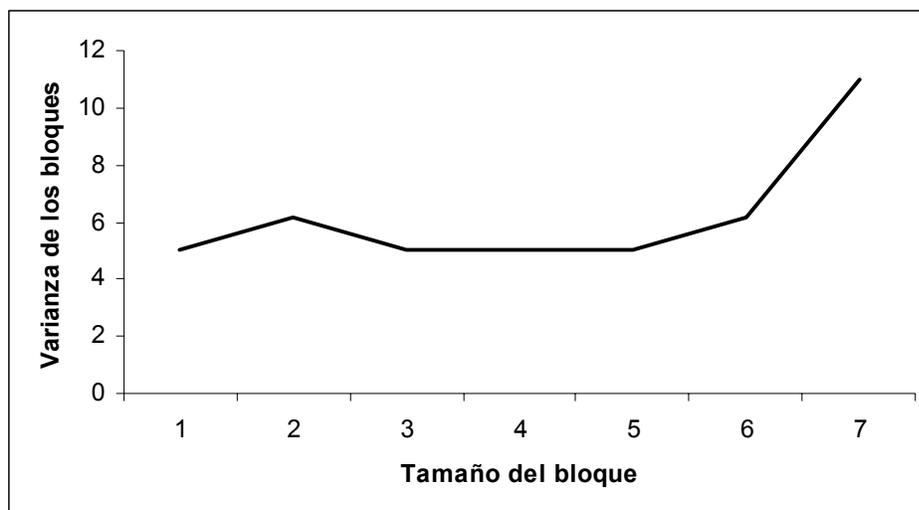


(a)

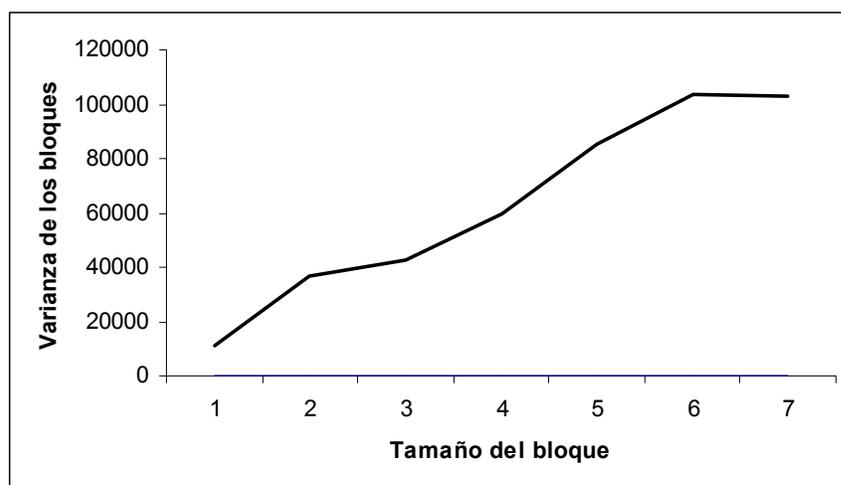


(b)

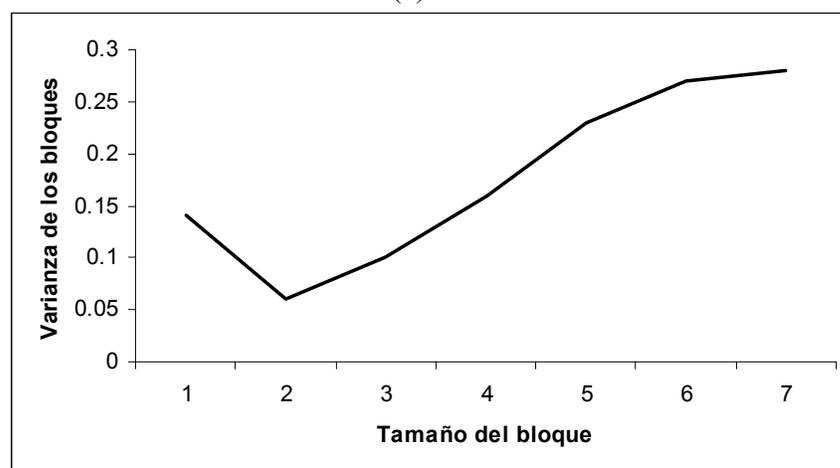
**Figura 24.** Distribución agrupada de la hepática *Fossombronina brasiliensis* en el inventario ecológico. (a) Estación 4; (b) estación 5.



**Figura 25.** Distribución agrupada de la hepática *Lejeunea cladogyna* en el inventario ecológico, estación 1.

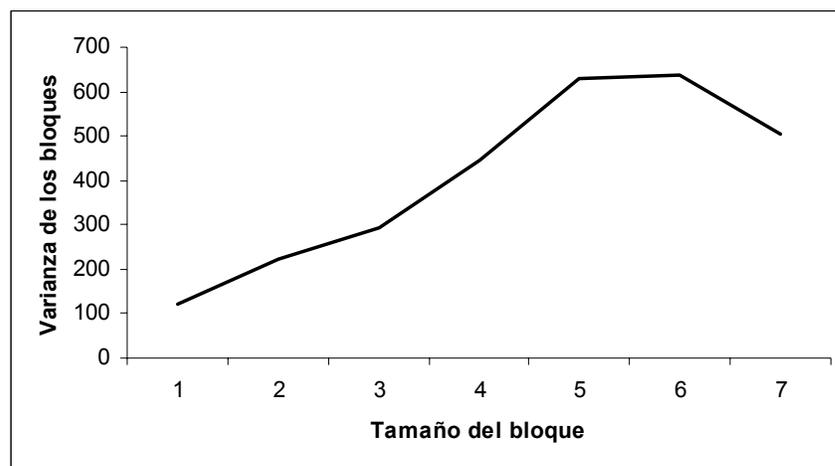


(a)

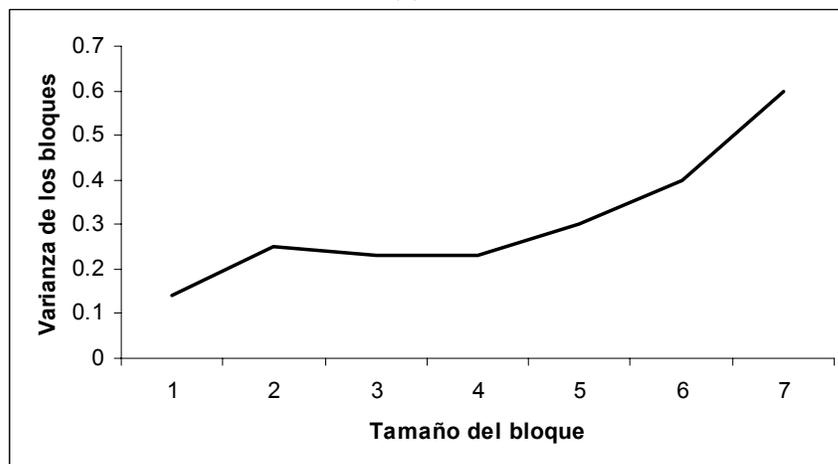


(b)

**Figura 26.** Distribución de la hepática *Lejeunea glaucescens* en el inventario ecológico. (a) Estación 1: distribución agrupada; (b) estación 4 : distribución al azar.



(a)

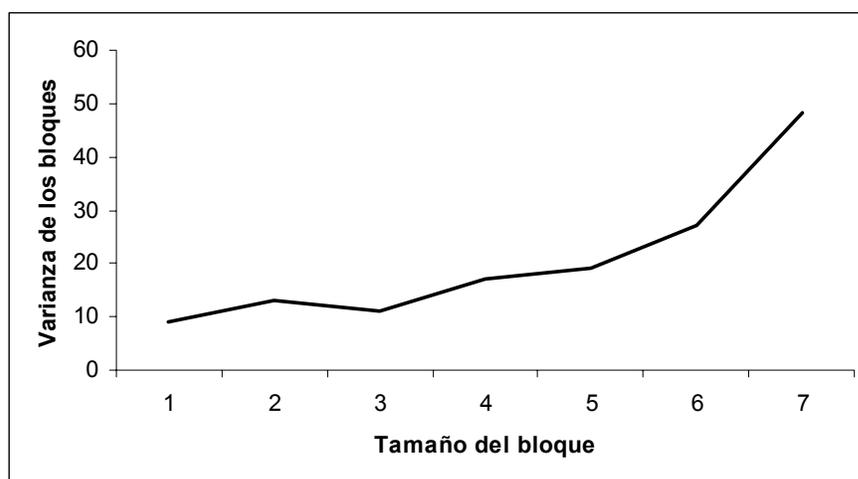


(b)

**Figura 27.** (a) Estación 4: distribución agrupada de la hepática *Lophocolea bidentata*; (b) estación 5, distribución al azar. Inventario ecológico.



**Figura 28.** Distribución agrupada de la hepática *Marchantia chenopoda* en el inventario ecológico, estación 5.



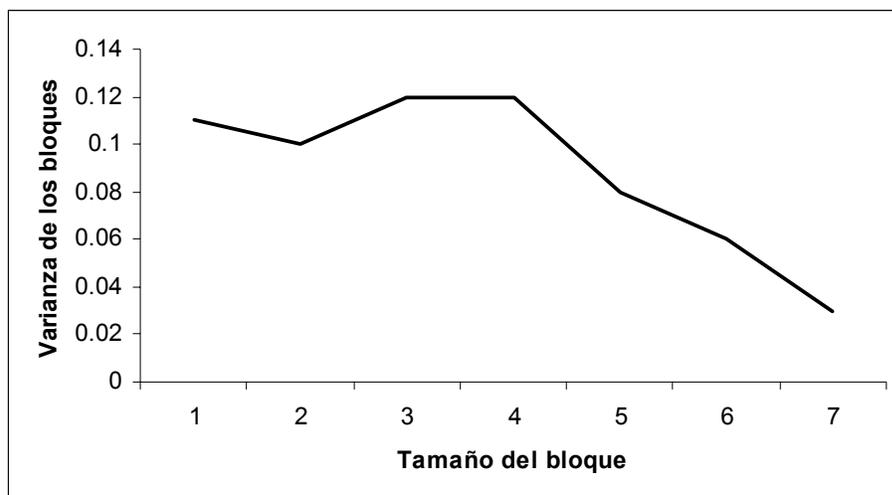
**Figura 29.** Distribución agrupada de la hepática *Riccardia digitiloba* en el inventario ecológico, estación 5.



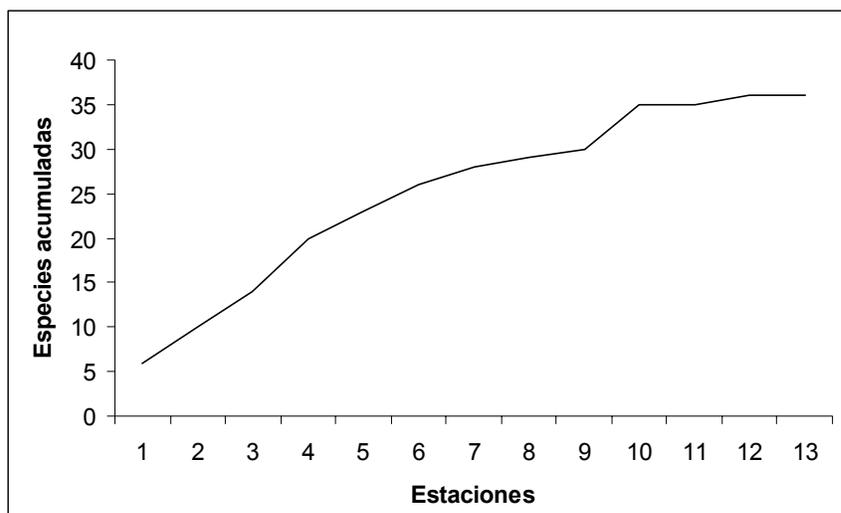
**Figura 30.** Distribución al azar de la hepática *Taxilejeunea obtusangula* en el inventario ecológico, estación 4.



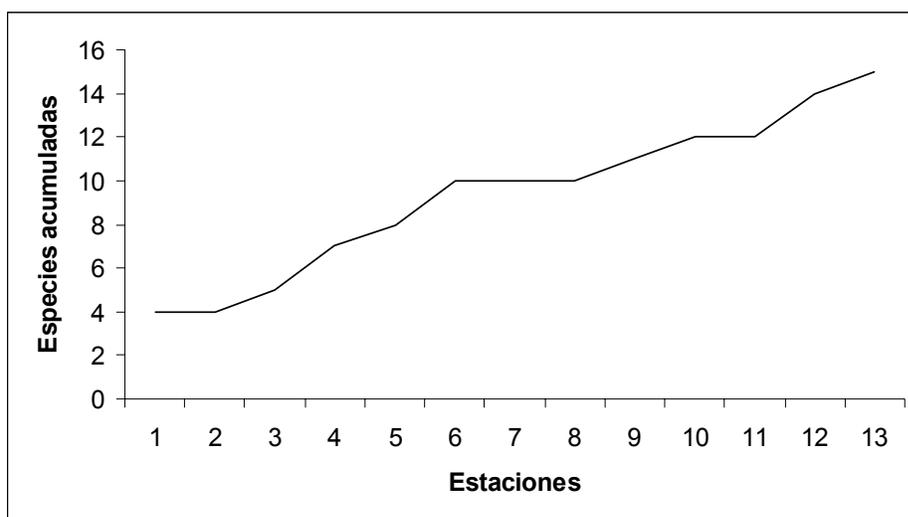
**Figura 31.** Distribución al azar de *Anthoceros punctatus* en el inventario ecológico, estación 4.



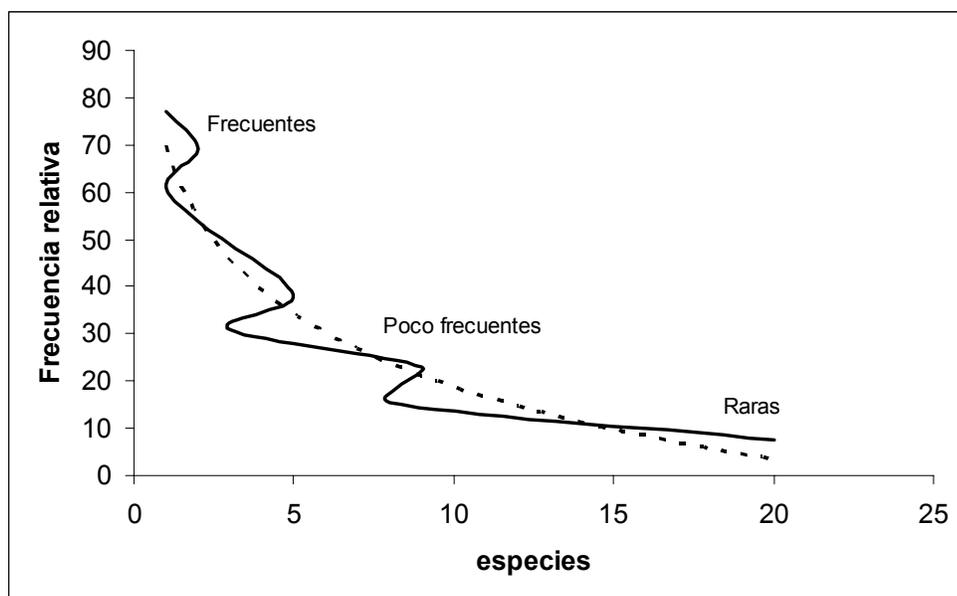
**Figura 32.** Distribución al azar de *Phaeoceros laevis* en el inventario ecológico, estación 5.



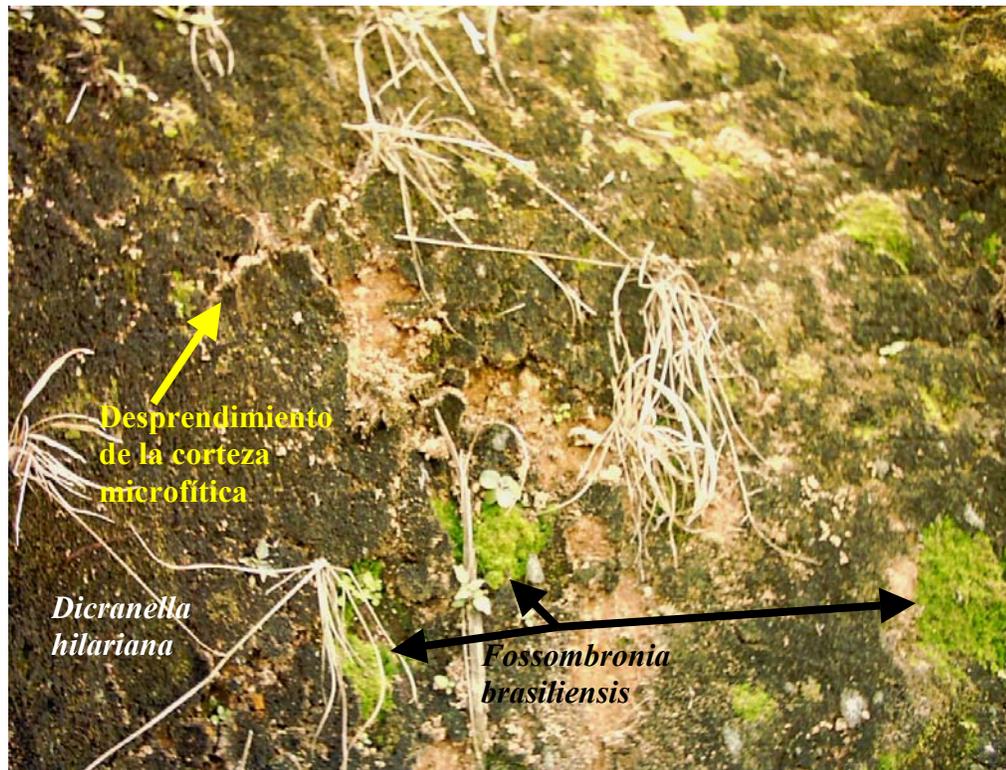
**Figura 33.** Curva de saturación de las especies de musgos del inventario florístico.



**Figura 34.** Curva de saturación de especies de hepáticas del inventario florístico.



**Figura 35.** Distribución de las especies de briofitos en el transecto Mayagüez-Maricao. Inventario florístico. La línea punteada se ajusta a una distribución normal logarítmica, la línea sólida se produce a partir de los datos de frecuencia.



**Figura 36.** Recolonización de *Fossombronina brasiliensis* después de la remoción de la vegetación superior y aplicación del glifosato. Los parches negros corresponden al musgo *Dicranella hilariana* muerto.