

Especificidad de forófito en líquenes cortícolas en un gradiente de intervención en Guarinocito, Caldas

Corticolous phorophyte specificity in lichens in a gradient of intervention in Guarinocito, Caldas

María Fernanda Cardona Gutiérrez*, Edier Alberto Soto Medina*, David Díaz Escandón*

Resumen

Objetivo: Evaluar la especificidad de forófito para los líquenes cortícolas de bosque seco (Guarinocito, Caldas), donde se identificaron dos áreas con diferentes niveles de intervención. **Metodología:** Se seleccionaron 30 individuos de tres especies de árboles: *Jacaranda hesperia*, *Pithecellobium dulce* y *Ochroma pyramidale*. En cada árbol se ubicó un cuadrante de 0,28 x 0,20 m a 1,30 m de altura y se estableció la cobertura del líquen. Se realizaron mediciones de humedad relativa, luz, temperatura, pH (corteza), DAP y cobertura de follaje. Los líquenes fueron colectados para su posterior identificación. Para evaluar si las variables microclimáticas presentaban diferencias entre las zonas de estudio, se realizaron pruebas T-student y ANOVA factoriales; para la preferencia de forófito, se realizó un NMS con el índice de disimilitud de Sørensen. **Resultados:** Se encontraron 64 especies de líquenes: 25 determinadas hasta especie, 27 hasta género y 12 no determinadas. No se encontraron diferencias significativas para la riqueza de líquenes entre las zonas de estudio. La comparación entre forófitos para la riqueza de especies sugirió que sí hubo diferencias. El NMS indicó que algunos árboles de la misma especie tienden a agruparse en una misma región del plano. Solo el parámetro intensidad de luz estuvo correlacionado con las dimensiones del NMS. La riqueza de especies estuvo correlacionada con la luz y el pH. **Conclusión:** Se concluyó que la distribución de líquenes se ve influida por condiciones microclimáticas y por el grado de intervención de la zona.

Palabras clave: Bosque seco, Escalamiento multidimensional no métrico (NMS), Especificidad de forófito, Líquenes cortícolas, Parámetros microambientales.

Abstract

Objective: Evaluated the specificity of phorophyte for corticolous lichens (Guarinocito, Caldas), where two areas with different levels of intervention were identified. **Methodology:** 30 individuals of three species of trees were selected: *Jacaranda hesperia*, *Pithecellobium dulce* y *Ochroma pyramidale*. In every tree, a quadrant of 0.28 x 0.20 m to 1.30 height and coverage of lichen was established. Measurements of humidity, light, temperature, pH (bark), foliage coverage and DAP were performed. The lichens were collected for identification. To assess whether the microclimatic variables differed between areas of study, T-student and factorial ANOVA test were performed; phorophyte preference for, an NMS was performed with the dissimilarity index Sørensen. **Results:** 64 species of lichens were found: 25 identified to species, 24 to genus and 12 were not identified. No significant differences for the richness of lichens between study areas were found. The comparison between phorophytes for the species richness suggested that there had been differences. The NMS suggested that some trees of the same species tend to cluster in the same region of the plane. Only light intensity parameter was correlated with the dimensions of the NMS. Species richness was correlated with Light and pH. **Conclusion:** It was concluded that the distribution of lichens is influenced by microclimatic conditions and the degree of intervention in the area.

Keywords: Corticolous lichens, Dry forest, Microenvironmental parameters, Non-metric multidimensional scaling (NMS), Phorophyte specificity.

* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
Autor correspondencia: mariafercardona91@gmail.com
Fecha recepción: Junio 9, 2019 Fecha aprobación: Agosto 15, 2019 Editor Asociado: Palacios-Mosquera L.

Introducción

Los líquenes son una formación simbiótica compuesta por organismos fotobionticos (algas verdes o cianobacterias) y hongos (Paoli *et al.* 2015). En la actualidad, se estima que la diversidad de líquenes en selvas tropicales puede ser de 300 especies por km² e incluso por hectárea (Lakatos *et al.* 2006); son organismos que viven prácticamente en todos los ecosistemas, desde desiertos fríos y calientes, hasta selvas tropicales, ambientes acuáticos y marinos, además, crecen sobre sustratos artificiales como el metal, plástico y vidrio (Paoli *et al.* 2015). Así, hay líquenes cortícolas o lignícolas que se desarrollan sobre la corteza de los árboles, de modo que se les considera epífitas. Los talos se clasifican con base en su aspecto, estratificación y tipo de adherencia al sustrato como: gelatinosos, costrosos, foliosos y fruticosos (Coutiño y Montañez 2000). En cuanto a especificidad de forófito, estos organismos presentan preferencias relativas tanto de sustrato (estructura y rugosidad de corteza, pH, contenido de nutrientes) como de microclima (temperatura, intensidad de luz, humedad); estas, dan una idea de establecimiento de los líquenes, al igual que el grado de afectación que presentan en lugares perturbados debido a la tala selectiva y/o contaminación ambiental (Cáceres *et al.* 2007, Soto-Medina *et al.* 2012a).

El bosque seco tropical es propio de tierras bajas, encontrándose entre los 0 y 100 m de altitud; se caracteriza por presentar temperaturas superiores a los 24°C, uno o dos períodos de sequía al año y una fuerte estacionalidad de lluvias (Londoño y Torres 2015). En Colombia se encuentra en seis regiones: el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, la región norandina en Santander y Norte de Santander, el valle del Patía, Arauca y Vichada en los Llanos (Pizano *et al.* 2014). Cuenta con una biodiversidad única de plantas y animales adaptados a condiciones de estrés hídrico, por lo cual presenta altos niveles de endemismo (Pizano *et al.* 2014). Es uno de los ecosistemas más amenazados en el trópico; en Colombia (Janzen 1988), se estima que de los bosques secos a subhúmedos solo resta el 1,5% de su cobertura original, la cual tenía una extensión aproximada de 80.000 km² (Etter 1993), pérdida que se debe sobre todo al uso de sus suelos para el desarrollo de actividades agrícolas y de minería (Londoño y Torres

2015). Además, el estado actual del conocimiento de sus características y componentes en Colombia son pobres en comparación con otros ecosistemas más húmedos (Mendoza 1999).

Los líquenes son uno de los principales componentes de la diversidad vegetal de los biomas terrestres, entre estos, el ecosistema de bosque seco tropical; sin embargo, son escasas las investigaciones acerca de la especificidad de forófito en líquenes (Sipman y Harris 1989, Merwin y Nadkarni 2001, Coppins y Wolseley 2002, Cáceres *et al.* 2007, Rosabal *et al.* 2010, Soto-Medina *et al.* 2012a). La especificidad describe una interacción en la que se expresa exclusividad absoluta: dos tipos de bionte se asocian y no se observan otras combinaciones posibles entre estos. Por otro lado, la selectividad describe una situación en la que los biontes interactúan entre ellos de manera preferente. Los líquenes son considerados como organismos no específicos, sin embargo, presentan selectividad respecto a sus hospederos (Nash 1996, Holz 2003, Nowak y Winkle 1975) encontraron que la especificidad del liquen se da más por factores microclimáticos como intensidad de luz, humedad relativa, pH, rugosidad y dureza de la corteza y su capacidad de retención de agua que por el forófito mismo.

Los líquenes son considerados como indicadores del estado ambiental de la zona donde se encuentren, es decir, permiten conocer el grado de perturbación o contaminación de la misma (Lücking *et al.* 2009, Soto-Medina *et al.* 2012a); estos pueden adoptar estrategias que respondan a las condiciones que su hábitat les brinde, pues algunas especies presentan sensibilidad a cambios de temperatura, intensidad de luz y contaminación atmosférica (Nash 2008). Sin embargo, algunos líquenes también tienen requerimientos ecológicos restringidos y rangos de dispersión limitados (Hawksworth *et al.* 2005). El contenido de agua que presentan es similar a la del medio en el que crecen debido a que son poiquilohídricos, es decir, que toman el agua directamente de la atmósfera, porque carecen de mecanismos de regulación para la captación y pérdida de agua (Nash 1996, Selva 1996, Renhorn *et al.* 1996). Esto los convierte en organismos de gran importancia para la evaluación de hábitats, impacto ambiental y monitoreo de perturbación ambiental de un ecosistema, por lo que es necesario empezar a realizar investigaciones que

despierten interés en este campo. Con el propósito de contribuir al conocimiento de la diversidad de líquenes de bosque seco, los objetivos de este estudio fueron evaluar la diversidad y especificidad de forófito para los líquenes cortícolas de la zona y evaluar el efecto de perturbación de líquenes en dos áreas con diferentes niveles de intervención antropogénica.

Metodología

Área de estudio. El estudio se realizó en la Hacienda “La Española” en Guarinocito, La Dorada, Caldas (5°22'2.9" N - 74°47'36.8" W, 267 metros de elevación) (Figura 1). El área cuenta con 500 ha y temperaturas entre 28°C y 35°C (Duque *et al.* 2010) y es irrigada por el río Purnio y las quebradas Bolívar, La Nona y Macondo. Esta localidad se ha visto modificada por actividades ganaderas y de minería intensiva, donde se evidencia un gran impacto en gran parte del bosque seco nativo (Duque *et al.* 2010, Manchola *et al.* 2014), generando la fragmentación del mismo, donde se distinguió dos unidades de paisaje: zona de bosque (no intervenida) y zona intervenida (por minería), las cuales fueron seleccionadas para el presente estudio.

La zona intervenida se caracterizó por presentar poca cobertura vegetal con mucha incidencia de luz, zonas de suelo con pasto y zonas de suelo desnudo (seco), donde se apilaban agregados extraídos de la minería. También se observaron varias lagunas en la zona y charcas de agua turbia estancada. Por el contrario, la zona no intervenida se caracterizó por presentar mucha variedad vegetal; el dosel cubría la mayor parte de la zona y había poca incidencia de luz, el suelo estaba cubierto por plántulas pequeñas y material vegetal en descomposición. Ambas zonas estaban separadas por la cuenca del río Purnio.

Muestreo. Se realizaron muestreos entre el 19 y 22 de marzo del año 2015, donde se seleccionaron 30 individuos de tres especies de árboles: *Jacaranda hesperia* Dugand, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.; estas especies fueron seleccionadas por tener una alta representatividad de individuos en ambas zonas. Para cada especie se trabajó con un total de diez árboles de los cuales fueron seleccionados al azar cinco en una zona perturbada (Zona 1) y cinco en una zona no perturbada (Zona 2).

En cada árbol se ubicó un cuadrante de 0,28 x 0,20 m (dividido en cuadrículas de un cm²) a 1,30 m

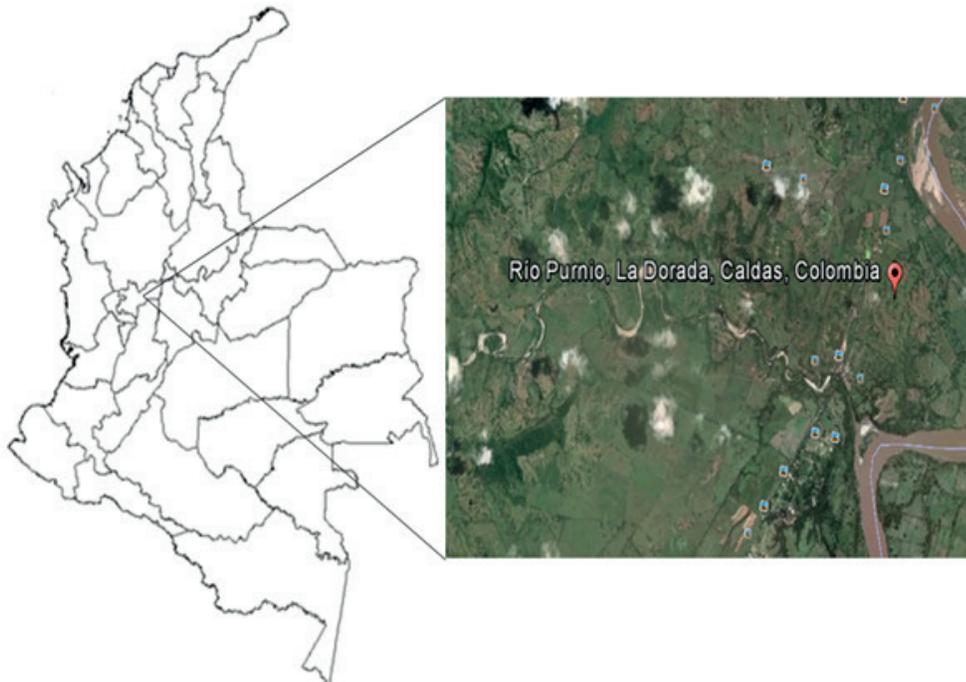


Figura 1. Localización geográfica del área de muestreos.

de altura desde la base del tronco, y se estableció la cobertura para cada especie de líquen. También se realizaron mediciones de humedad relativa, incidencia de luz y temperatura del ambiente con una estación meteorológica portátil (Sper Scientific), pH de la corteza con un pHmetro de medio sólido (Hanna HI99181), y se midió el DAP (diámetro a la altura del pecho) y la cobertura de follaje con un densiómetro, métodos propuestos por Soto-Medina *et al.* (2012b). También se colectaron los líquenes con ayuda de una navaja y se almacenaron en bolsas de papel para su posterior secado al aire libre e identificación en el laboratorio.

Para la identificación de los especímenes se siguieron las claves de líquenes tropicales de Sipman (2006) y además, se contó con la ayuda de especialistas en el grupo; finalmente, estos se depositaron en el Herbario de la Universidad del Valle (CUVC) en Cali, Colombia.

Análisis de datos. La descripción de los datos obtenidos se realizó a partir de estadística descriptiva. Se realizaron comparaciones de la riqueza específica encontrada en cada forófito y en cada zona. Con el objetivo de observar si la diversidad, pH, incidencia de luz, temperatura y la humedad relativa presentaban diferencias entre las zonas de estudio, se realizaron pruebas de T-student para las variables que cumplieron los supuestos. También se realizaron ANOVA factoriales para probar la interacción entre zona y forófito para las variables de luz, riqueza, pH, temperatura y humedad relativa. Para evaluar la preferencia de forófito, se hizo un escalamiento no métrico multidimensional (NMS) con el índice de disimilitud de Sørensen, con el fin de hallar agrupaciones entre los diferentes árboles de las diferentes zonas con base en la composición de especies de líquenes. Los análisis fueron realizados con el software STATISTICA® 7.0 (Statsoft 2004) y PC-ORD® 5.0 (McCune *et al.* 2002).

Resultados

Parámetros microambientales. Los promedios hallados para pH y DAP fueron muy similares para ambas zonas. En contraste, la temperatura, incidencia de luz y humedad relativa, presentaron diferencias significativas; la incidencia de luz fue mayor para la Zona 1 (807,07±158,46) que para la Zona 2 (452,73±111,91), mientras que la temperatura y

la humedad relativa fueron mayores para la Zona 2 (28,11±0,39 y 82,69±1,48 respectivamente) que para la Zona 1 (26,23±0,58 y 73,35±1,96 respectivamente) (Tabla 1). Sin embargo, no se encontraron diferencias en la comparación realizada entre zonas y parámetros microambientales de pH (ANOVA, $p=0,27$), incidencia de luz (ANOVA, $p=0,12$) y humedad relativa (ANOVA, $p=0,31$).

Para los árboles de la Zona 1 se encontró que el forófito con mayor DAP fue *J. hesperia* (2,3±0,13); la incidencia de luz fue mayor para *P. dulce* (1002,4±241,50) y la humedad relativa fue mayor para *O. pyramidale* (87,16±1,06). El pH fue similar para los tres forófitos (5,81±0,21 *Op*, 5,80±0,20 *Jh* y 5,68±0,26 *Pd*), mientras que la temperatura fue menor para *O. pyramidale* (25,34±0,22). En la Zona 2, el forófito con mayor riqueza y humedad relativa fue *J. hesperia* (3,4±0,87) y (85,12±2,47) respectivamente y *P. dulce* presentó el mayor DAP (1,98±0,38); por el contrario, los árboles de *O. pyramidale* fueron los que presentaron la menor incidencia de luz (245±39,11); pH y temperatura fueron mayores para *P. dulce*, con (6,21±0,16) y (28,72±0,18) respectivamente. Las comparaciones entre forófitos y las variables microambientales de incidencia de luz (ANOVA, $p=0,78$), pH (ANOVA, $p=0,37$) y humedad relativa (ANOVA, $p=0,1194$) no mostraron diferencias significativas (Figura 2).

Diversidad de especies de líquenes. En los 30 árboles muestreados se encontraron en total 64 especies de líquenes, de los cuales 24 fueron determinados hasta especie, 27 hasta género y 12 no fueron determinados debido a que se encontraban estériles. Se encontraron 15 familias, de las cuales, las más representativas fueron: Graphidaceae, con un total de 16 especies, seguida de Arthoniaceae y Physciaceae, con un total de siete especies cada una; por otro lado, las familias Chrysothricaceae, Coenogoniaceae, Crocyniaceae, Malmideaceae y Stereocaulaceae presentaron un solo registro. El género más representativo fue *Graphis*, con ocho especies, seguido del género *Pyrenula* con cuatro, y los géneros *Parmotrema* y *Herpothallon*, con tres especies respectivamente. Mientras que la menor riqueza de líquenes estuvo representada por los géneros *Bacidia*, *Chrysothrix*, *Coenogonium*, *Crocynia*, *Lepraria* y *Malmidea*, cada uno de las cuales presentó una sola especie (Tabla 2).

A nivel de zona, la diversidad fue relativamente

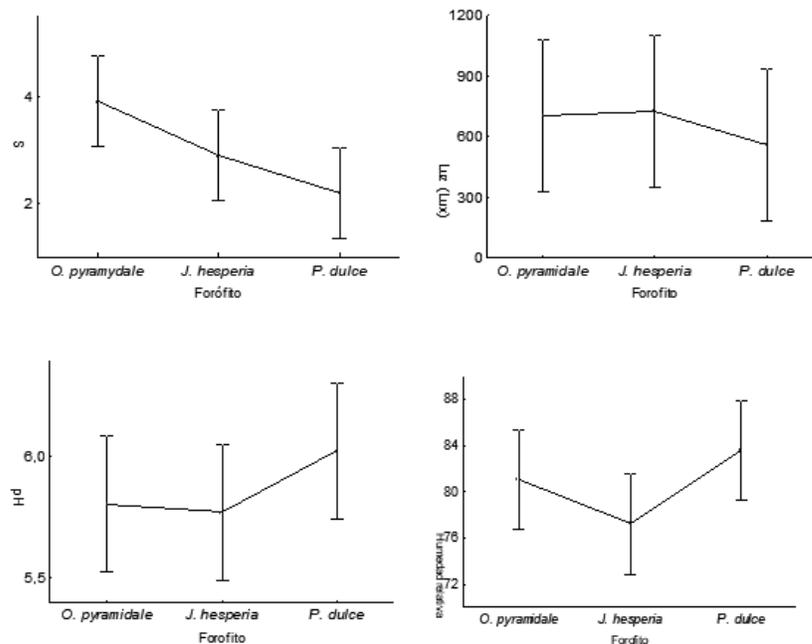


Figura 2. Comparación entre forófito para las variables riqueza, incidencia de luz, pH y humedad relativa.

uniforme; la Zona 1 (o intervenida) presentó 36 especies y la Zona 2 (o no intervenida) 37 especies. La Zona 1 estuvo representada principalmente por los géneros *Graphis*, *Pyrenula* y *Herpothallon* al igual que la Zona 2, con variación en el número de registros, y las especies *Cryptothecia striata*, *Herpothallon Granulosum* y *Pyxine cocoes* fueron comunes a ambas zonas. Sin embargo, la riqueza en la Zona 1 estuvo mayormente influida por la diversidad inherente a *O. pyramidale* y la Zona 2 por *J. hesperia*. Para cada zona se presentaron géneros con un solo individuo; los de la Zona 1 fueron *Arthonia*, *Bactrospora*, *Cresponea*, *Diorygma*, *Lecanora*, *Lepraria* y *Phaeophyscia* y, los de la Zona 2 fueron *Bacidia*, *Coenogonium*, *Crocynia* y *Leucodecton*.

Análisis de diversidad de especies y NMS. Al comparar las zonas de estudio en términos de riqueza de líquenes, no se encontraron diferencias significativas (ANOVA, $p=0,056$), aunque la Zona 1 tendió a presentar una mayor riqueza de especies. Por otro lado, sí hubo diferencias significativas entre forófitos (ANOVA, $p=0,0231$). Para los árboles de la Zona 1 se encontró que el forófito con mayor riqueza fue *J. hesperia* ($4,4\pm 0,4$) (Tabla 1).

El resultado del NMS (NMS, stress=34,81) sugiere que algunos árboles de la especie *J. hesperia* (Zona 1) tienden a agruparse en una misma región del

gráfico (Figura 4). También se identificó un pequeño agrupamiento de árboles de *Pithecellobium dulce* de la misma zona (Zona 1) cercano al grupo de los *J. hesperia*. En general, los árboles de la Zona 1 mostraron una mayor tendencia a formar agrupaciones, a diferencia de los de la Zona 2, los cuales se encuentran más dispersos. Sólo el parámetro intensidad de luz estuvo correlacionado con las dimensiones del NMS, es decir, que la composición de especies por forófito estuvo relacionada con esta variable. Se observó una tendencia a formar un agrupamiento entre los árboles de la especie *O. pyramidale* de la Zona 2 (Figura 4). La riqueza de especies estuvo correlacionada con la luz y el pH (Tabla 3).

Discusión

Las familias más representativas, por presentar mayor número de especies y géneros, fueron Graphidaceae, Arthoniaceae y Physciaceae, datos que coinciden con Rincón *et al.* (2011), quienes resaltan que estas familias se caracterizan por presentar un número considerable de géneros y son abundantes en el Neotrópico. Graphidaceae fue la familia con más géneros, esto se debe a que la familia se caracteriza por ser dominante en comunidades de líquenes costrosos tropicales desde alturas a nivel del mar hasta los 200

Tabla 1. Riqueza y parámetros microambientales (promedio \pm error estándar)

Prome-dio	Zona	Forófito	S	pH	DAP (m)	Luz (Lux)	Temperatura	Humedad relativa
	1	<i>O. pyramidale</i> 1	4	6,27	0,41	300	25,1	84,2
	1	<i>O. pyramidale</i> 2	5	5,65	0,41	441	25,1	85,6
	1	<i>O. pyramidale</i> 3	5	5,4	0,75	2052	25	86,9
	1	<i>O. pyramidale</i> 4	2	5,37	0,4	362	25,3	89,6
	1	<i>O. pyramidale</i> 5	1	6,37	1,08	264	26,2	89,5
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio forófito			3.4 \pm 0.81	5.81 \pm 0.21	0.61 \pm 0.13	683.8 \pm 343.37	25.34 \pm 0.22	87.16 \pm 1.06
	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	<i>J. hesperia</i> 1	3	5,89	2,17	767	29,1	78,9
	1	<i>J. hesperia</i> 2	5	5,59	2,16	1386	31,4	69,1
	1	<i>J. hesperia</i> 3	5	5,74	2,2	268	29,4	75,3
	1	<i>J. hesperia</i> 4	5	5,3	2,12	254	28,5	73,5
	1	<i>J. hesperia</i> 5	4	6,47	1,52	934	27,9	78,1
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio forófito			4,4 \pm 0,4	5,80 \pm 0,20	2,03 \pm 0,13	721,8 \pm 213,66	29,26 \pm 0,59	74,98 \pm 1,76
	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	<i>P. dulce</i> 1	2	5,11	3,07	1380	28,4	78,2
	1	<i>P. dulce</i> 2	2	5,39	2,25	1093	28,6	80,5
	1	<i>P. dulce</i> 3	2	5,31	1,71	1836	31,1	65,1
	1	<i>P. dulce</i> 4	4	6,11	0,79	364	30,2	69
	1	<i>P. dulce</i> 5	3	6,47	0,93	1339	30	74,8
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio forófito			2,6 \pm 0,4	5,68 \pm 0,26	1,75 \pm 0,42	1202,4 \pm 241,50	29,66 \pm 0,51	73,52 \pm 2,85
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio total zona			3,2 \pm 0,36	5,33 \pm 0,12	1,36 \pm 0,22	807,07 \pm 158,46	26,23 \pm 0,58	73,35 \pm 1,96
	2	<i>O. pyramidale</i> 1	2	2,68	0,66	271	25,1	75,5
	2	<i>O. pyramidale</i> 2	2	6,47	0,9	94	26,7	87,4
	2	<i>O. pyramidale</i> 3	2	5,46	0,6	281	29,4	80
	2	<i>O. pyramidale</i> 4	3	5,84	0,74	259	28,8	90
	2	<i>O. pyramidale</i> 5	3	5,87	0,32	320	29,4	71,8
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio forófito			2,4 \pm 0,24	5,26 \pm 0,66	0,64 \pm 0,09	245 \pm 39,11	27,88 \pm 0,85	80,94 \pm 3,44
	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	<i>J. hesperia</i> 1	2	6,34	0,23	285	25,8	88,8

Tabla 1. Riqueza y parámetros microambientales (promedio ± error estándar)

Prome- dio	Zona	Forófito	S	pH	DAP (m)	Luz (Lux)	Temperatura	Humedad relativa
	2	<i>J. hesperia</i> 2	4	6,02	0,56	120	26,1	89,8
	2	<i>J. hesperia</i> 3	6	5,43	0,35	507	27,5	78,6
	2	<i>J. hesperia</i> 4	1	5,63	1	1107	29,5	88,8
	2	<i>J. hesperia</i> 5	4	5,81	0,4	890	29,7	79,6
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio forófito			3,40±0,87	5,85±0,16	0,51±0,13	581,80±184,09	27,72±0,82	85,12±2,47
	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	<i>P. dulce</i> 1	3	6,2	2,89	175	28,6	82,8
	2	<i>P. dulce</i> 2	2	6,45	2,87	1654	29,2	85,3
	2	<i>P. dulce</i> 3	1	6,49	1,13	212	28,8	85,5
	2	<i>P. dulce</i> 4	2	5,57	1,19	273	28,9	76,8
	2	<i>P. dulce</i> 5	1	6,2	1,82	343	28,1	79,7
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio forófito			1,8±0,37	6,21±0,16	1,98±0,38	531,4±282,09	28,72±0,18	82,02±1,67
	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio total zona			2,53±0,35	5,77±0,24	1,04±0,22	452,73±111,91	28,11±0,39	82,69±1,48

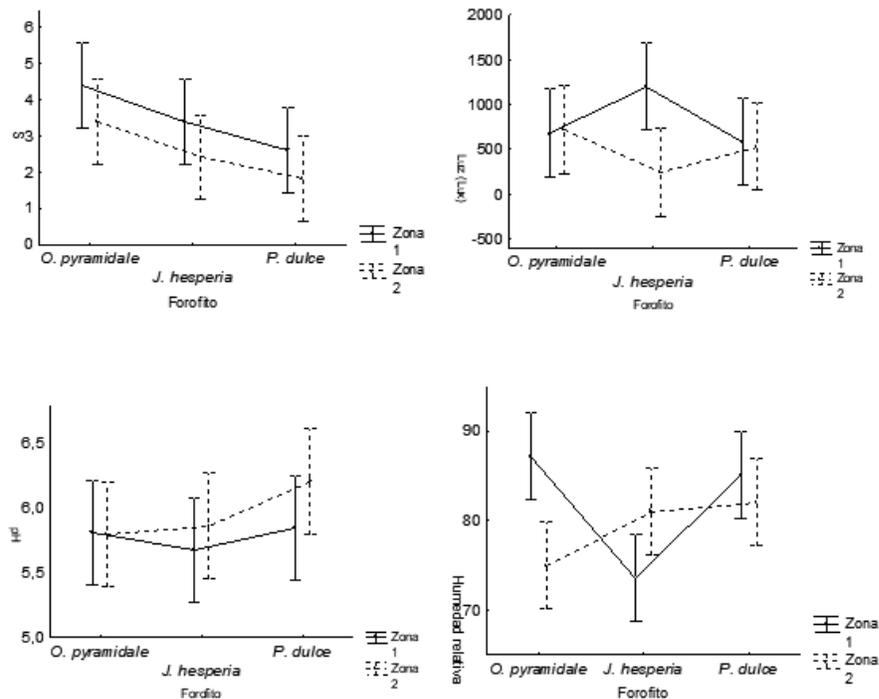


Figura 3. Comparación entre zonas y forófito para las variables riqueza, incidencia de luz, pH y humedad relativa.

Tabla 2. Listado de especies de líquenes de la hacienda “La Española”

Líquén	Familia
<i>Arthonia catenatula</i> Nyl.	Arthoniaceae
<i>Bacidia</i> sp.	Ramalinaceae
<i>Bacidina varia</i> S. Ekman	Ramalinaceae
<i>Bactrospora</i> sp.	Roccellaceae
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	Lecanoraceae
<i>Coenogonium</i> sp.	Coenogoniaceae
<i>Cresponea robertiana</i>	Roccellaceae
<i>Crocynia pyxinoides</i> Nyl.	Crocyniaceae
<i>Chrysothrix candelaris</i> (L.) J.R. Laundon	Chrysothricaceae
<i>Cryptothecia striata</i> G. Thor	Arthoniaceae
<i>Diorygma</i> sp.	Graphidaceae
<i>Dirinaria applanata</i> (Fée) D.D. Awasthi	Physciaceae
<i>Dirinaria</i> sp.	Physciaceae
<i>Fissurina</i> sp.	Graphidaceae
<i>Fissurina</i> sp. 2	Graphidaceae
<i>Graphis scripta</i> Leighton	Graphidaceae
<i>Graphis</i> sp.	Graphidaceae
<i>Graphis</i> sp. 2	Graphidaceae
<i>Graphis</i> sp. 3	Graphidaceae
<i>Graphis</i> sp. 4	Graphidaceae
<i>Graphis</i> sp. 5	Graphidaceae
<i>Graphis</i> sp. 6	Graphidaceae
<i>Herpothallon echinatum</i> Aptroot, Lücking & Will-Wolf	Arthoniaceae
<i>Herpothallon granulosum</i> Jagadeesh & G.P. Sinha	Arthoniaceae
<i>Herpothallon</i> sp.	Arthoniaceae
<i>Hyperphyscia syncolla</i> (Tuck. ex Nyl.) Kalb	Physciaceae
<i>Hyperphyscia</i> sp.	Physciaceae
<i>Lecanora varia</i> (Hoffm.) Ach.	Lecanoraceae
<i>Lepraria</i> sp.	Stereocaulaceae
<i>Leptogium diaphanum</i> (Sw.) Mont.	Collemataceae
<i>Leptogium</i> sp.	Collemataceae
<i>Leucodecton</i> sp.	Graphidaceae
<i>Malmidea</i> sp.	Malmideaceae
<i>Parmotrema endosulphureum</i> (Hillmann) Hale	Parmeliaceae
<i>Parmotrema</i> sp.	Parmeliaceae
<i>Parmotrema</i> sp. 2	Parmeliaceae
<i>Phaeographis intricans</i> (Nyl.) Vain.	Graphidaceae

m (Lücking *et al.* 2009, Rincón *et al.* 2011). Así mismo, las familias Arthoniaceae y Physciaceae se desarrollan de manera óptima en bosques de elevaciones medianas a bajas, principalmente en micrositios abiertos (Aguirre 2008, Mateus *et al.* 2012). Dentro de los géneros más representativos están *Graphis*, *Pyrenula* y *Parmotrema*, los cuales se caracterizan por ser géneros cosmopolitas, los cuales están mayormente dados en zonas tropicales con altitudes entre los 0 y 2000 m (Lücking *et al.* 2008).

En Colombia se ha encontrado que la composición de líquenes de los diferentes bosques está correlacionada con parámetros del sustrato, tales como tipo de corteza, pH, temperatura, entre otros (Benítez *et al.* 2012, Soto-Medina *et al.* 2012a). Sin embargo, los resultados sugieren que la diversidad de líquenes encontrada se vio principalmente afectada por la luz. Lo anterior, puede darse debido a que, además de las variables microclimáticas, la composición de líquenes también puede verse relacionada con la estructura del bosque, donde intervienen factores como la edad, el tipo de árbol o la cobertura del dosel (Aragón *et al.* 2010, Soto-Medina *et al.* 2012b).

No se observó preferencia de forófito, lo cual se puede deber a que en los bosques tropicales se evidencian menos los patrones de preferencia de forófito, pues se asume que esta reduce la probabilidad de

Tabla 2. Listado de especies de líquenes de la hacienda “La Española”

Líquén	Familia
<i>Phaeographis</i> sp.	Graphidaceae
<i>Phaeophyscia</i> sp.	Physciaceae
<i>Pyrenula macrocarpa</i> A. Massal.	Pyrenulaceae
<i>Pyrenula papiliger</i> (Leight.) Müll. Arg.	Pyrenulaceae
<i>Pyrenula</i> sp.	Pyrenulaceae
<i>Pyrenula santensis</i> (Nyl.) Müll. Arg.	Pyrenulaceae
<i>Pyxine cocoes</i> (Sw.) Nyl.	Physciaceae
<i>Pyxine pyxinoidea</i> (Müll. Arg.) Kalb	Physciaceae
<i>Sarcographa cinchonarum</i> Fée	Graphidaceae
<i>Stirtonia</i> sp.	Arthoniaceae
<i>Stirtonia</i> sp. 2	Arthoniaceae
<i>Thelotrema</i> sp.	Graphidaceae
<i>Trypethelium ochroleucum</i> (Eschw.) Nyl.	Trypetheliaceae
<i>Trypethelium</i> sp.	Trypetheliaceae
Costroso sp.	
Costroso sp. 2	
Costroso sp. 3	
Costroso sp. 4	
Costroso sp. 5	
Costroso sp. 6	
Líquén estéril 1	
Líquén estéril 2	
Líquén estéril 3	
Líquén estéril 4	
Líquén estéril 5	

éxito de asentamiento de un líquén, donde se considera que la dispersión de las esporas no es determinista y la alta diversidad de árboles en la zona reduce la abundancia de sustratos adecuados (Cáceres *et al.* 2007, Soto-Medina *et al.* 2012b). Así mismo, la diversidad de la composición de líquenes se pudo ver relacionada con las características de intervención del bosque, pues, el tipo de intervención humana (como las actividades de minería y tala selectiva) tiene influencia sobre la riqueza de árboles de una zona (Mendoza 1999), la cual puede afectar la riqueza de comunidades de líquenes.

En el NMS, el grupo que se observa de los *J. hesperia* de la Zona 1 se genera debido a que estos árboles tienden a compartir la misma composición de líquenes, los cuales pertenecen a la especie *Graphis scripta*; sin embargo,

no se encontró que la especie sea específica para el forófito, pues la especificidad encontrada se dio más por la intervención de la zona. Por otro lado, se observaron algunos árboles de *O. pyramidale*, los cuales presentaron una tendencia a formar un agrupamiento; esta tendencia se genera debido a la similitud de cobertura de especies de líquenes que contiene cada uno de ellos. Lo anterior, quiere decir que no se observó especificidad de forófito en los líquenes muestreados, sin embargo, sí se encontraron diferencias en la diversidad de composición de especies, pues esta, puede verse afectada por diferentes parámetros microambientales, como la incidencia de luz (Lücking *et al.* 2009, Rincón *et al.* 2011), la cual se hace mayor en la zona intervenida.

Se concluyó que la distribución de los líquenes se ve influida por condiciones microclimáticas, sobre todo por la intensidad de luz, DAP y humedad relativa. También que la diversidad de la composición de líquenes puede variar dependiendo del grado de intervención de la zona en que se encuentren, pues algunas especies son específicas para ciertas condiciones y otras especies son más eficaces en el aprovechamiento de luz y se dispersan de manera más eficiente.

Tabla 3. Correlación de datos microclimáticos y riqueza

Variable	Promed.	DE	pH	DAP (m)	Luz (Lux)	Cob (%)	S	Humedad relativa
pH	58,673	0,4329	1,000	-0,083	-0,272	-0,154	-0,440	0,281
DAP (m)	1,2543	0,8599	-0,083	1,000	0,349	-0,155	0,116	-0,272
Luz (Lux)	661,0333	563,3863	-0,273	0,349	1,000	0,232	0,363	-0,247
Cob (%)	19,1619	10,4020	-0,154	-0,154	0,232	1,000	0,289	0,228
S	3,0000	1,4384	-0,440	0,116	0,363	0,288	1,000	0,027
Humedad relativa	80,6233	6,9498	0,281	-0,272	-0,248	0,228	0,027	1,000

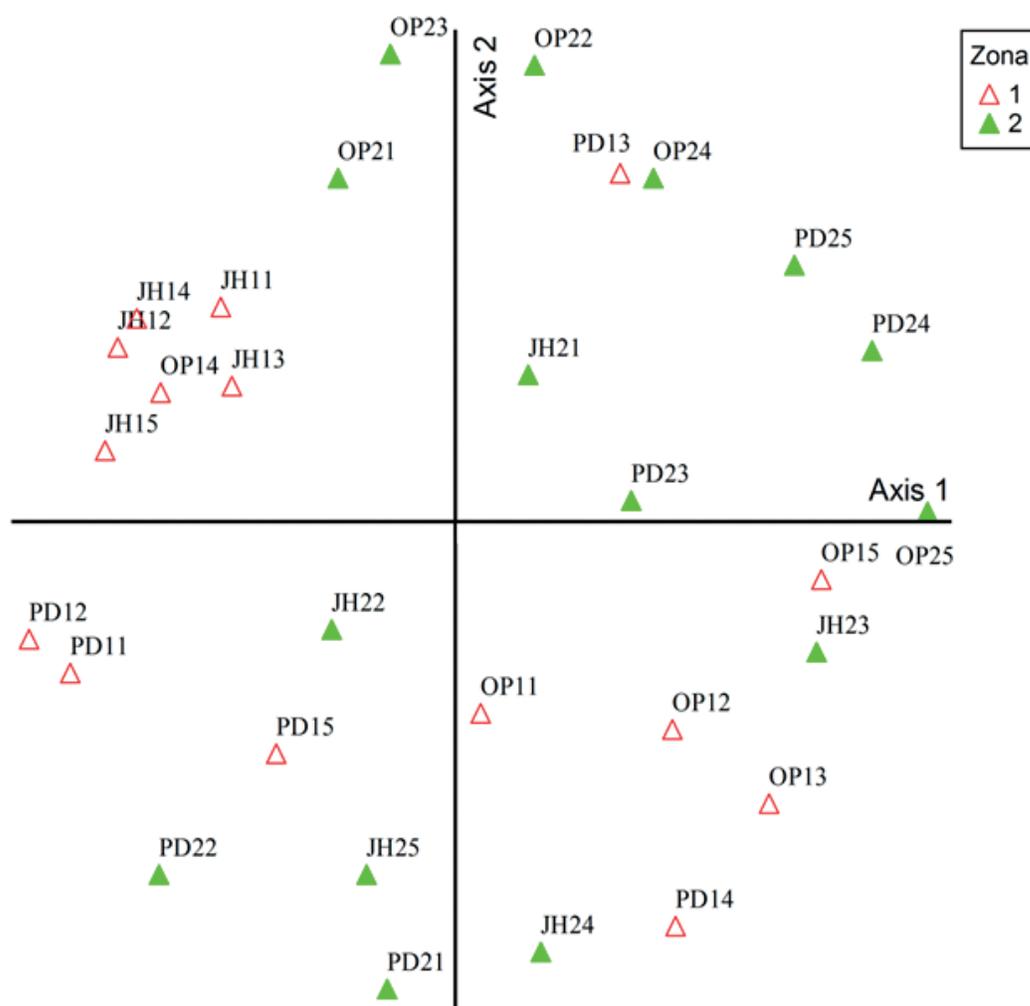


Figura 4. Dispersión del NMS ($stress=34,81$) de los diferentes forófitos de las zonas estudiadas. Se observan algunos árboles de la especie *Jacaranda hesperia* (Zona 1) agrupados en una misma región del plano. También se observa un pequeño agrupamiento de árboles de *Pithecellobium dulce* de la misma zona cercano al grupo de los *J. hesperia* y un agrupamiento entre los árboles de la especie *O. pyramidale* de la Zona 2.

Literatura citada

- Aguirre J. 2008. Diversidad y Riqueza de líquenes en Colombia. En: Rangle JO (ed.). Colombia Diversidad Biótica VI. Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 592 pp.
- Aragón G, Martínez I, Izquierdo P, Belinchón R, Escudero A. 2010. Effects on forest management on epiphytic lichen diversity in Mediterranean forests. *Applied Vegetation Sci.* 13: 183-94. Disponible en: <https://bit.ly/3gjJFnu>
- Benítez A, Prieto M, González Y, Aragón G. 2012. Effects of tropical montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *Sci Total Environ.* 441: 169-75. Disponible en: <https://bit.ly/3Hhdwcl>
- Cáceres M, Lücking R, Rambold G. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycol Progress.* 10: 190-210. Disponible en: <https://bit.ly/3Hm9zTf>
- Coppins B, Wolseley P. 2002. Lichens of tropical forests. *Trop Mycol.* 2: 113-31.
- Coutiño B, Montañez AL. 2000. Los líquenes. *Ciencias.* 59: 64-5. Disponible en: <https://bit.ly/3rl8XI8>
- Duque E, Ramírez A, Ortíz D, Dunoyer M. 2010. Plan de Acción Inmediato (PAI) municipio de Marmota Escuela de Arquitectura y Urbanismo.
- Etter A. 1993. Diversidad ecosistémica en Colombia hoy. Nuestra diversidad biótica. Bogotá: CEREC, Fundación Alejandro Angel Escobar. 43-61 p. Disponible en: <https://bit.ly/32QGpg7>
- Hawksworth DL, Iturriaga T, Crespo A. 2005. Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Rev Iberoam Micol.* 22: 71-82. Disponible en: <https://bit.ly/3gfGiOv>
- Holz I. 2003. Diversity and ecology bryophytes and macrolichens in primary and secondary montane *Quercus* forests, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. PhD Thesis. Alemania: University of Göttingen. Disponible en: <https://bit.ly/3oiZDTn>
- Janzen DH. 1988. Tropical dry forest. The most endangered major tropical ecosystem. In: Wilson EO (ed.). *Biodiversity.* Washington, DC: National Academy Press. pp. 130-7. Disponible en: <https://bit.ly/3ueLIBs>
- Lakatos M, Rascher U, Büdel B. 2006. Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. *New Phytologist.* 172 (4): 679-95. Disponible en: <https://bit.ly/3HmdeZn>
- Londoño V, Torres AM. 2015. Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán, Cali, Colombia. *Colomb Forestal.* 18 (1): 71-85. Disponible en: <https://bit.ly/3ul6csq>
- Lücking R, Chaves JL, Sipman HJM, Umaña L, Aptroot A. 2008. A first assessment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica: the genus *Graphis*, with notes on the genus *Hemithecium* (Ascomycota: Ostropales: Graphidaceae). *Fieldiana Botany.* 46: 1-126. Disponible en: <https://bit.ly/3ulvc2G>
- Lücking R, Rivas-Plata E, Chaves J, Umaña L, Sipman H. 2009. How many tropical lichens are there really? In: Thell A, Seaward M, Feuerer T (eds.). *Diversity of lichenology. Anniversary. Bibl. Lichenol.* Berlin, Stuttgart. pp. 399-417.
- McCune BP, Grace JB, Urban DL. 2002. Analysis of ecological communities. *J Experim Mar Biol Ecol.* 289 (2). Disponible en: <https://bit.ly/3rle4Ik>
- Manchola L, Moncaleano A, Rondón M. 2014. Diversidad de mariposas diurnas en dos unidades de paisaje, La Dorada, Caldas. Disponible en: <https://bit.ly/34qoHAz>
- Mateus N, Aguirre J, Lücking R. 2012. Contribuciones a la biota líquénica folícola del Chocó, Colombia. *Caldasia.* 34 (1): 25-32. Disponible en: <https://bit.ly/35JcFTE>
- Mendoza H. 1999. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia.* 21 (1): 70-94. Disponible en: <https://bit.ly/3HujxSY>
- Merwin MC, Nadkarni N. 2001. 100 years of tropical bryophyte and lichen ecology: a bibliographic guide to the literature from 1901-2000. *Bryophyte Div Evol.* 20 (1): 97-118. Disponible en: <https://bit.ly/3Hqw7IS>
- Nash THII (ed.). 1996. *Lichen Biology.* 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 43-5. Disponible en: <https://bit.ly/3rhID1A>
- Nash THIII. 2008. *Lichen Biology.* 2nd ed. New York: Cambridge University Press. pp. 274-5. Disponible en: <https://bit.ly/3umg5WC>
- Nowak R, Winkler S. 1975. Follicolous lichens of Chocó, Colombia, and their substrate abundances. *Lichenologist.* 7: 53-8. Disponible en: <https://bit.ly/3HqHavm>
- Paoli L, Grassi A, Vannini A, Maslaňáková I, Bačkor M, *et al.* 2015. Epiphytic lichens as indicators of environmental quality around a municipal solid waste landfill (C Italy). *Waste Manag.* 42: 67-73. Disponible en: <https://bit.ly/34gzZrg>
- Pizano C, González R, García H, Isaacs P, González MF, Piñeros P, Ramírez W. 2014. Bosques secos tropicales en Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Disponible en: <https://bit.ly/3rlpoEp>
- Renhorn K-E, Esseen P-A, Palmqvist K, Sundberg B. 1996. Growth and vitality of epiphytic lichens: I. Responses to microclimate along a forest edge-interior gradient. *Oecologia.* 109: 1-9. Disponible en: <https://bit.ly/3giQLZo>
- Rincón A, Aguirre J, Lücking R. 2011. Líquenes cortícolas en el Caribe colombiano. *Caldasia.* 33 (2): 331-47. Disponible en: <https://bit.ly/3HnafYB>
- Rosabal D, Burgaz AR, De la Masa R. 2010. Diversity and distribution of epiphytic macrolichens on tree trunks in two slopes of the montane rainforest of Gran Piedra, Santiago de Cuba. *Bryologist.* 113 (2): 313-21. Disponible en: <https://bit.ly/3Gm2yRj>
- Selva S. 1996. Using lichens to assess ecological continuity in northeastern forests. In: Byrd M. (ed.). *Eastern old-growth forests. Prospects for rediscovery and recovery.* 2nd ed. Davis MB (ed.) Washington, DC: Island Press. pp.

- 35-48. Disponible en: <https://amzn.to/34nF2pH>
- Sipman HJM, Harris RC. 1989. Lichens. Chapter 15. pp. 303-9. In: Lieth H, Werner MJA (eds.). Tropical rain forest ecosystems. Biogeographical and ecological studies. Amsterdam: Elsevier Science. pp. 303-9. Disponible en: <https://bit.ly/3u1IbB9>
- Sipman H. 2006. Lichen determination keys
- Soto-Medina E, Lücking R, Bolaños-Rojas A. 2012a. Especificidad de forófito y preferencias microambientales de los líquenes cortícolas en cinco forófitos del bosque premontano de finca Zingara, Cali, Colombia. *Rev Biol Trop.* 60 (2): 843-56.
- Soto-Medina E, Lücking R, Bolaños-Rojas A. 2012b. Los géneros *Coccocarpia* (Ascomycota: Peltigerales) y *Dictyonema* en el Valle del Cauca (Colombia). *Rev Cien.* 16: 9-18.
- Statsoft. 2004. STATISTICA 7.0