



Variación de la abundancia de dos líquenes saxícolas en función de la aridez Estado de Querétaro

**Variation of the abundance
of two saxicola lichens as a
function of the aridity State
of Queretaro**

Soto-Correa, J.C.¹, Puebla, L. G.²,
Concostrina-Zubiri, L.³,
Gómez-Romero, M.⁴,
Cambrón-Sandoval, V. H.^{5*}

^{1,2,5} Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, Qro., México.

³Centro de Biología Ambiental, Facultad de Ciencias, Universidad de Lisboa, Campo Grande, C2, Piso 5, 1749-016 Lisboa (Portugal).

⁴Catedra CONACYT-Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Mújica s/n. Colonia Felicitas del Río, C.P.58030, Morelia, Michoacán, México.

*hugo.cambron@gmail.com

Resumen

Los líquenes saxícolas son indicadores del índice de aridez y podrían ser referencia ante condiciones actuales de cambio climático. Las especies presentan una distribución y frecuencia que se asocia y/o relaciona a los gradientes climáticos de los lugares que habitan. En el presente trabajo se determinó la frecuencia de dos especies de líquenes saxícolas, *Punctelia* sp. y *Caloplaca pelodella* a lo largo de un gradiente de aridez en un transecto lineal. A lo largo del transecto se realizó la distribución de diez puntos de muestreo y se determinó la frecuencia de *Punctelia* sp. y *C. pelodella* mediante el método de punto de intercepto en cuadrante, utilizando cuadros en los sitios seleccionados de muestreo. En cada sitio se evaluaron cuatro transectos de 20 m, dentro del transecto de 20 m se colocó un cuadrado con una separación de 30 cm. Se observó que *C. pelodella* tiene mayor frecuencia y no presenta cambios en la relación a la aridez, caso contrario a lo observado con *Punctelia* sp. que presenta menos frecuencia y una relación con el índice de aridez.

Palabras clave: indicadores, estrategias, tolerancia, cambio climático, simbiosis.

Abstract

Saxicola lichens are indicators of aridity index and could be a reference for climate change scenarios. The species present a distribution and abundance that is associated and / or related to the climatic gradients of the places they inhabit. In this work, it was studied the frequency of two species of saxicola lichens, *Punctelia* sp. and *Caloplaca pelodella* in response to an aridity gradient in a linear transect. Ten sample points were distributed within an aridity gradient in semi-arid areas from Queretaro State. The frequency of *Punctelia* sp. and *C. pelodella* was determined through the quadrant intercept point method using squares. Four transects of 20 m, which were placed with a detachment of 30 cm, were evaluated. It was observed that *C. pelodella* has a higher frequency and does not present changes in relation to aridity, otherwise it occurred with *Punctelia* sp. that presents less frequency and a relationship between the aridity index.

Keywords: indicators, strategies, tolerance, climate change, symbiosis.

1. Introducción

Se considera que dentro de un ecosistema existen variables climáticas que tienen mayor influencia con respecto a otras en la distribución y abundancia de muchas especies [1], [2]. Por lo anterior, se conoce que muchas especies presentan una asociación o relación con el gradiente climático y la abundancia en la distribución de cada especie [3], [5], por ejemplo: en climas fríos con alta humedad relativa del ambiente, los pequeños cambios en la temperatura y humedad influyen en la riqueza de especies de líquenes y número de individuos [4]. Se ha reportado que los líquenes son importantes, al ser pioneros [6]. Sin embargo, ¿Qué ocurre en las zonas semi-desérticas, donde los sitios son rocosos y desprovistos de vegetación?.

En general, las tierras desérticas y semi-desérticas se caracterizan por presentar bajas precipitaciones, temperaturas extremas altas y bajas, índices de aridez elevados y suelos desprovistos de vegetación, caracterizándose por tener climas hostiles [6]. En México, en las zonas áridas, la mayoría de flora de líquenes son especies saxícolas (crecen sobre roca) [7], con diferente morfología que le otorga ventajas contra la desecación [8] y son clasificadas por la forma de crecimiento del talo de los líquenes: costrosos (microlíquenes), foliosos y fruticosos (ambos macrolíquenes), donde las especies del género *Caloplaca* tienden a ser costrosas y las especies del género *Punctelia* tienden a ser foliosas [9]. En el presente estudio se utilizó el índice de aridez como una variable climática principal debido a que está integrada por variables como temperatura y precipitación [10] [11].

Se determinó la frecuencia de los líquenes *Punctelia sp.* y *Caloplaca pelodella*, en respuesta a un gradiente de aridez en un transecto lineal en la zona semi-seca del Estado de Querétaro. La hipótesis propuesta fue que existe una relación entre la aridez y la presencia de los líquenes *Punctelia sp.* y *Caloplaca pelodella* dentro de la zona semiárida del estado de Querétaro, México y el cambio en abundancia en el futuro en un contexto de cambio climático para los años 2030, 2060 y 2090.

Variación de la abundancia de dos líquenes saxícolas en función de la aridez Estado de Querétaro

2. Materiales y métodos

2.1. Localización del transecto del gradiente de aridez

El transecto se localizó en la zona semi-árida del Estado de Querétaro (Tabla I), México, la zona fisiográfica de la provincia Eje Neovolcánico central al borde de la provincia Sierra Madre Oriental con un clima seco y semi-desértico, sobre terrenos de relieve levemente ondulado a plano y con altitudes menores a los 2000 msnm, rodeados por sierras, mesetas y lomeríos del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, Sierra Madre Occidental que impiden el paso de los vientos húmedos del Golfo de México y de la Mesa Central, la cual retiene la humedad de los vientos que viajan de Norte a sur (INEGI, 1998). El transecto lineal tuvo una longitud de 100 km, atravesando la región semi-desértica de sur a norte del estado de Querétaro, desde la comunidad de San Juan del Río a Peña Miller, donde existe una oscilación térmica de 7°C en promedio en un día que determina el carácter semi-desértico extremo del clima. Dentro del transecto se localizaron 10 sitios de muestreo, a una distancia de 10 km aproximadamente entre un sitio y otro. De cada sitio se tomaron las coordenadas geográficas, altitud y las diferencias climáticas utilizando la variable índice de aridez, creándose así un transecto asociado a la aridez para posteriormente identificar las especies de líquenes *Punctelia sp.* y *Caloplaca pelodella* (Tabla I).

2. 2. Modelación climática

En el transecto lineal, se utilizaron las coordenadas geográficas y la altitud de cada sitio de muestreo para obtener valores de variables climáticas y crear el gradiente de aridez, para la obtención de las variables climáticas. Se trabajó con un modelo climático intermedio AIB [12], el cual se basa en la interpolación de superficies de datos usando el software ANUSPLINE el cual utiliza aproximadamente 4000 estaciones climatológicas de México [13], y calcula el promedio del período 1961-1990, con un modelo climático de "thin plate splines" desarrollado para México, y se escogieron las variables climáticas de temperatura (TMA), precipitación (PMA) y grados día (DD50.5) para el año 2030, 2060 y 2090. Con las variables climáticas se estimó el índice anual de aridez (IAA) que ocurre en cada sitio, utilizando la fórmula $IAA = (DD50.5) / PMA$ [10].

Tabla 1. Coordenadas geográficas y variables climáticas contemporáneas y futuras en el modelo climático AIB, del transecto lineal de los sitios clima semidesértica del Estado de Querétaro, donde se muestra las especies de líquenes *Punctelia* sp. y *Caloplaca pelodella*.

| Sitio | Latitud | Longitud | Altitud | TMA | PMA | IAA | TMA | PMA | TMA | PMA | TMA | PMA |
|-------|---------------|--------------|---------|------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | 2030 | 2030 | 2060 | 2060 | 2090 | 2090 |
| | | | | | | | AIB | AIB | AIB | AIB | AIB | AIB |
| 1 | 20°17' 42.49" | 99°57'2.92" | 2207 | 15.6 | 709 | 0.081 | 17 | 626 | 18.1 | 612 | 19.1 | 535 |
| 2 | 20°23'13.57" | 99°55'32.93" | 2046 | 16.1 | 626 | 0.094 | 17.6 | 556 | 18.7 | 551 | 19.7 | 484 |
| 3 | 20°28'12.47" | 99°55'53.88" | 1911 | 16.6 | 568 | 0.106 | 18.1 | 506 | 19.2 | 499 | 20.2 | 438 |
| 4 | 20°33'46.09" | 99°55'55.23" | 1942 | 16.6 | 576 | 0.105 | 18.1 | 512 | 19.2 | 504 | 20.2 | 442 |
| 5 | 20°38'8.22" | 99°55'39.44" | 1943 | 16.7 | 577 | 0.106 | 18.2 | 512 | 19.3 | 504 | 20.3 | 440 |
| 6 | 20°44'40.85" | 99°55'30.26" | 2123 | 15.7 | 679 | 0.087 | 17.2 | 600 | 18.3 | 591 | 19.3 | 526 |
| 8 | 20°55'36.49" | 99°53'34.21" | 1579 | 19.3 | 436 | 0.162 | 20.8 | 389 | 21.9 | 380 | 22.9 | 336 |
| 9 | 20°0'56.26" | 99°52'58.73" | 1602 | 18.9 | 508 | 0.138 | 20.4 | 429 | 21.4 | 422 | 22.5 | 372 |
| 10 | 21°6'23.75" | 99°52'18.11" | 1590 | 19.1 | 505 | 0.140 | 20.6 | 449 | 21.7 | 440 | 22.7 | 387 |

TMA=Temperatura media anual, PMA=Precipitación media anual, IAA= Índice anual de aridez, AIB= Escenario climático intermedio

2.3. Métodos de muestreo e identificación de especies

Punto de intercepto en cuadrante, consiste en la utilización de cuadros pequeños dentro de una línea o transecto. Como primer paso, en cada sitio de muestreo, se trazaron cuatro transectos en línea de 20 m a cielo abierto, con una orientación oriente-poniente. Dentro de cada transecto, se localizaron 12 puntos y en cada punto se colocó un cuadro de madera de 30 x 30 cm, para delimitar el área a muestrear en el suelo, donde se registraron todos los individuos de las dos especies de líquenes *Punctelia sp.* y *Caloplaca pelodella*, dentro del cuadro, ubicándose a una distancia de 30 cm uno de otro, se calculó la frecuencia relativa por especie de cada transecto (Número de cuadrados donde está presente la especie/número total de cuadrados). El muestreo se realizó de junio a diciembre de 2019.

Identificación de especies

La identificación de las especies se realizó en el sitio de muestreo, mediante el uso de claves especializadas [14], [15], [16], para tener la certeza, se tomaron en cuenta características tanto vegetativas como químicas (presencia de ácidos liquénicos), con los reactivos: hipoclorito de sodio (NaOCl) (Chaparro y Aguirre 2002), hidróxido de potasio al 10% (KOH), solución saturada de hipoclorito de calcio (C) y parafenilendiamina en 95% [17], además de una solución de yoduro de potasio (KI) [18].

2.4. Análisis estadístico

Los datos de las frecuencias por transecto de 20 m se analizaron mediante análisis de regresión lineal para poder observar la relación entre la altitud y el índice anual de aridez de cada sitio de muestreo, mediante el procedimiento PROC REG del paquete estadístico SAS (Versión 9.3) [20].

3.1 Resultados

Las especies de líquenes como *C. pelodella* y *Punctelia sp.* son especies abundantes de la zona semi-seca del Estado de Querétaro. Sin embargo, en la frecuencia promedio de los resultados del muestreo se puede observar que es muy baja para ambas especies, con un promedio de 19 para *C. pelodella* y una frecuencia de 12 para *Punctelia sp.*, respectivamente. Se representaron diferencias en la frecuencia de las dos especies, donde *C. pelodella*, es la especie que tiene una mayor frecuencia (Figura 1).

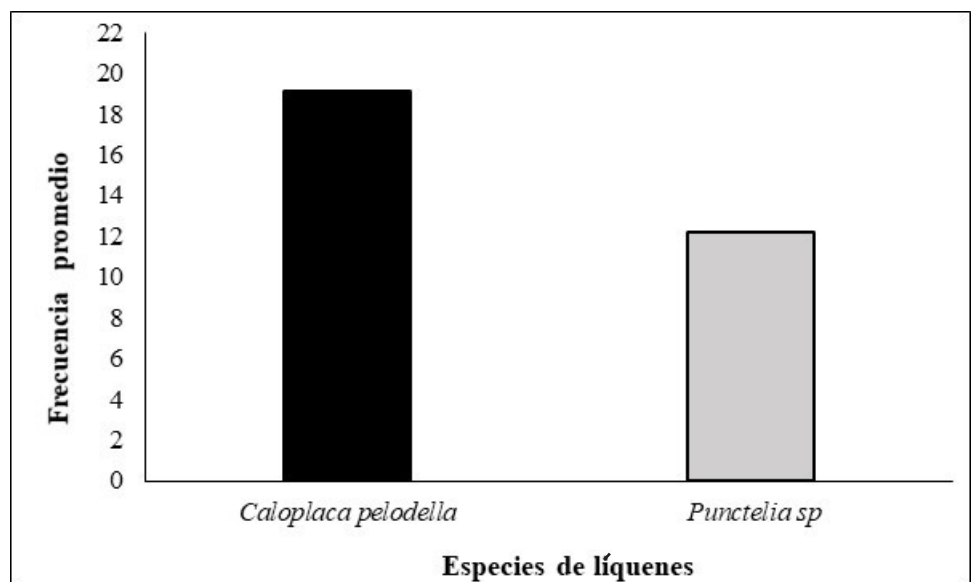


Figura 1. Comparación de la frecuencia promedio de *Caloplaca pelodella* y *Punctelia sp.* estimada en la zona semi-seca del Estado de Querétaro.

No se observó una relación entre la frecuencia *pelodella* con la altitud y las variables climáticas como la temperatura media anual, la precipitación media anual y el índice de aridez medio anual de donde habitan (Figura 2, A), C), E), G)]. Caso contrario se presentó con *Punctelia sp.* donde sí se observó una relación entre la frecuencia-altitud ($r^2= 0.75$) (Figura 2, B), frecuencia-temperatura media anual ($r^2=0.586$) (Figura 2, D), frecuencia-precipitación media anual ($r^2=0.707$) (Figura 2, F) y frecuencia-índice anual de aridez ($r^2=0.629$) (Figura 2, G). Los resultados evidenciaron relaciones cuadráticas con los mismos comportamientos en la altitud y las variables climáticas, donde a mayor altitud, presentan una mayor frecuencia, a menor temperatura la frecuencia aumenta, a mayor precipitación, de la misma forma la frecuencia se incrementa y finalmente a una aridez inferior, la frecuencia de líquenes es mayor (Figura 2, B), D), F), G).

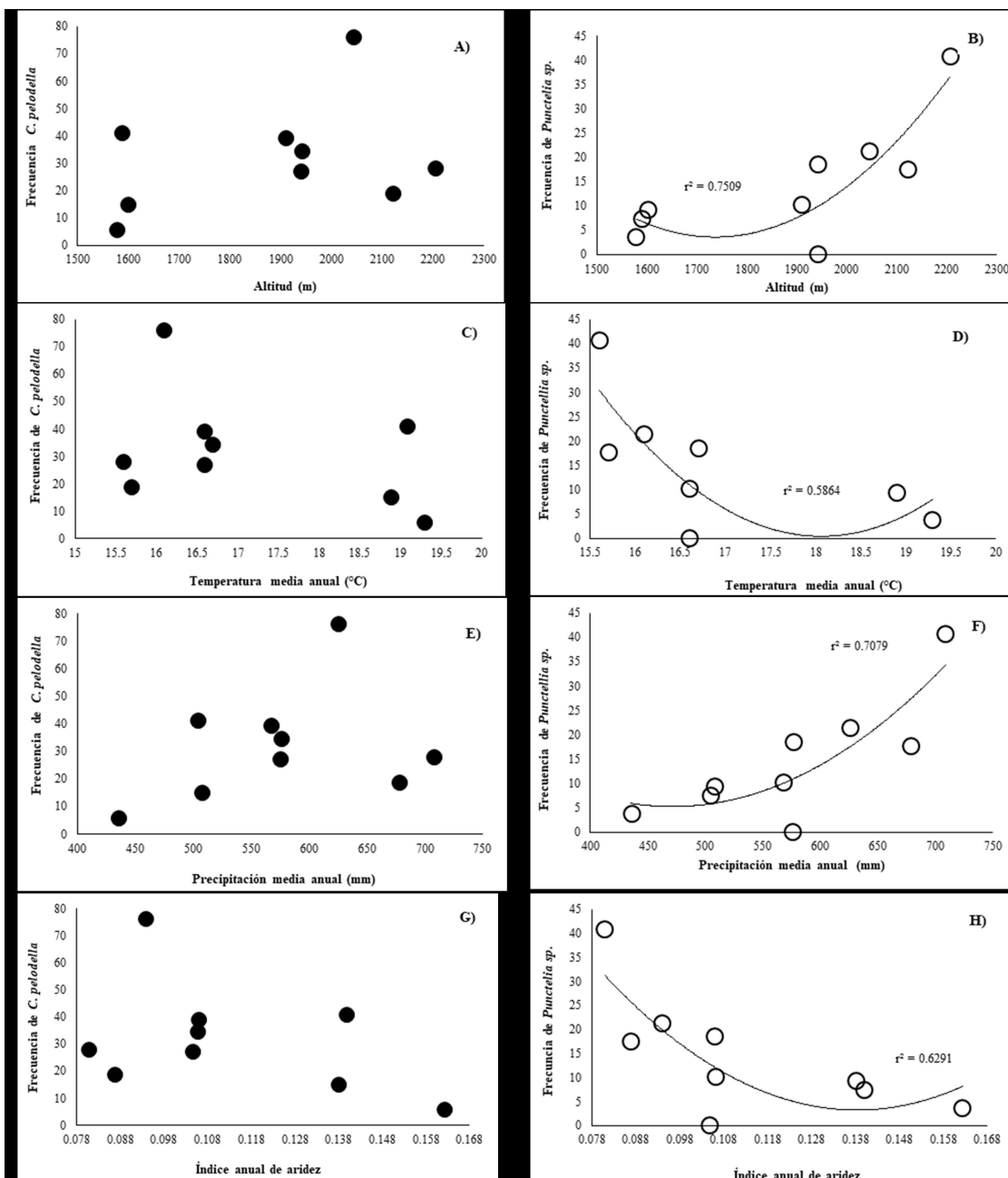


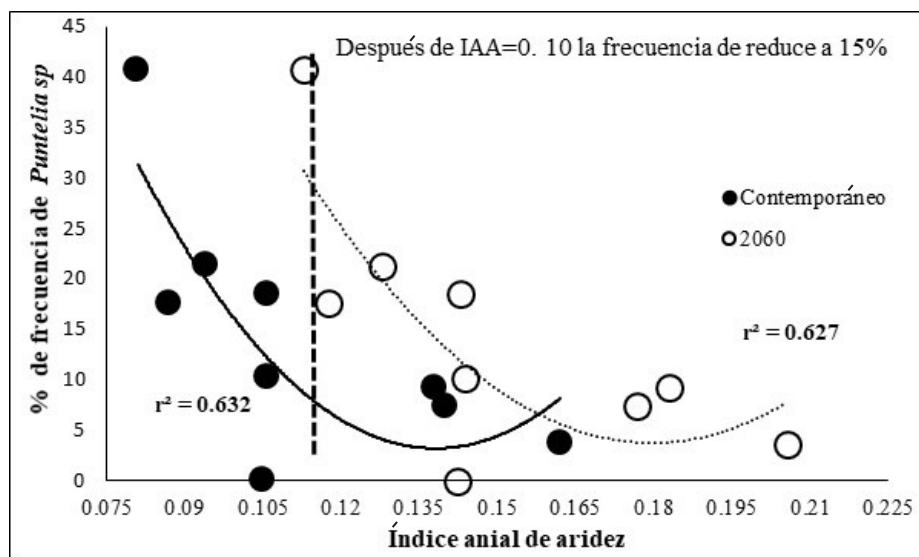
Figura 2. Relación de la frecuencia de *C. Pelodella* y *Punctelia sp.* con la altitud (A, B) y las variables climáticas (temperatura (C, D), precipitación (E, F) y aridez (G, H)) en la zona semi-seca del estado de Querétaro.

3.2 Discusión

Se ha descrito el comportamiento de los líquenes en las regiones subtropicales, en donde su abundancia está influenciada por las variables climáticas y la variabilidad de estas [19], [20]. Se conoce que los líquenes son organismos que resisten condiciones ambientales desde los desiertos más secos y cálidos o los climas fríos como la Antártida, sin embargo, algunas especies de líquenes son muy sensibles [21], [22]. Los resultados del presente estudio, muestran evidencia de que no todos los líquenes tendrían los mismos efectos en el cambio de sus frecuencias, también existe especificidad, algunas especies pueden resistir los cambios en la aridez, otras no muestran dicha tolerancia. La presencia o ausencia de líquenes puede ser debido a que su morfología es determinante para responder a nivel fisiológico a la temperatura y humedad, principalmente por la absorción de agua y la desecación del talo. Los líquenes costrosos pueden presentar mayor resistencia debido a la diferencia morfológica y fisiológica de evapotranspiración, debido al área presentarían menor requerimiento de humedad [8], [23], [24].

Se considera el aumento en la aridez, como una de las causas principales de la disminución de muchas especies de los sitios que habitan [24], por lo que es muy importante conocer cuáles son las especies sensibles al aumento de la aridez que ocurrirá en el futuro, y de esta forma, poder establecer una estrategia o plan de conservación de estas especies, que permitan evitar la desaparición de las especies sensibles a los cambios y/o aumento de la aridez. Se pronostica un aumento de la aridez, que, sumado a los resultados en este estudio, provocará una disminución en la frecuencia de *Punctelia sp.*; sin embargo, en el caso de *Caloplaca pelodella* no modificará su frecuencia, esto se puede atribuir a su morfología de tipo costrosa de micro liquen [11], morfología que le otorga ventajas contra la desecación ante las condiciones extremas [10], además se conoce que muchos de los líquenes costrosos son tolerantes al estrés [22]. Por otro lado, *Punctelia sp.* presenta una morfología foliosa [9], que puede ser la causa que la hace sensible a la aridez, por lo que su presencia o ausencia, puede ser un indicador de una mayor aridez en futuros estudios. Por otra parte, solo para dar un ejemplo, se debe considerar que para el año 2060, muchas de las especies de líquenes de tipo folio como *Punctelia sp.*, se verán reducidas en número de individuos, por un aumento considerable en la aridez (Figura 3).

Figura 3. Relación entre la frecuencia de *Punctelia sp.*, y el índice de aridez contemporáneo y la relación predicha para el año 2060, en escenario climático intermedio.



Variación de la abundancia de dos líquenes saxícolas en función de la aridez Estado de Querétaro

3. Conclusiones

En la zona semidesértica en el Estado de Querétaro, de acuerdo a la proyección, *Caloplaca pelodella*, no cambiar su frecuencia con respecto al incremento de la aridez, y especies como *Punctelia* sp., sí podrían modificar su frecuencia, lo que podría ser un indicador para evidenciar los cambios en el aumento de la aridez por efectos del cambio climático.

4. Referencias

- [1] **P. Matos, P. Pinho, G. Aragón, I. Martínez, A. Nunes, A. M. V. M. Soares and C. Branquinho**, “Lichen traits responding to aridity,” *Journal of Ecology*, vol. 103, no. 2, pp. 451-458, 2015, doi: 10.1111/1365-2745.12364.
- [2] **C. Laguna-Defior, A. Pintado, T. G. A. Green, J. M. Blanquer and L. G. Sancho**, “Distributonal and ecophysiological study on the Artarctic lichens species pair *Usnea antarctica*/*Usnea aurantiaco-atra*,” *Polar Biology*, vol. 39, pp. 1183-1195, 2016.
- [3] **P. Giordani and G. Incerti**, “The influence of climate on the distribution of lichens: a case study in a borderline area (Liguria, NW Italy),” *Plant ecology*, 195, pp. 257-272, 2008, doi: 10.1007/s11258-007-9324-7.
- [4] **T.A. Green, L. G. Sancho, A. Pintado and B. Schroeter**, “Functional and spatial pressures on terrestrial vegetation in Antarctica forced by global warming”, *Polar Biology*, vol. 34, pp. 1643-1656, 2011, DOI 10.1007/s00300-011-1058-2.
- [5] **J. Nascimbene, and L. Marini**, “Epiphytic lichen diversity along elevational gradients: biological traits reveal a complex response to water and energy,” *Journal of Biogeography*, vol. 42, pp. 1222-1232, 2015, doi: 10.1111/jbi.12493.
- [6] **T. Herrera y M. Ulloa**, “El reino de los hongos, micología básica y aplicada.” 2° Ed. Universidad Autónoma de México/Fondo de cultura económica, México, pp.552, 1998.
- [7] **V. Cortés-Hernández, M. Gómez-Peralta, C. Hernández-Soberano y M. Ruíz-Contreras**, “Los líquenes de Acueducto de San José Atlán, Municipio de Huichapan, Hidalgo, México,” *Biológicas*, vol. 14, no. 1, pp. 13-17, 2012.
- [8] **R. W. Rogers**, “Lichens of hot arid and semiarid lands,” En *Lichen ecology*, ed. Seaward, M.R.D., pp. 211-252, Academic Press, Great Britain, 1977.
- [9] **M. A. Herrera-Campos, R. Lücking, R. E. Pérez-Pérez, R. Miranda-Gonzalez, N. Sanchez, A. Barcenás-Peña, A. Carrizosa, A. Zambrano, B. D. Ryan y T. H. Nash III**, “Biodiversidad de líquenes en México”, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 85 pp. 82-99, 2014.
- [10] **C. Sáenz-Romero, G. E. Rehfeldt, N. L. Crookston, P. Duval, R. St-Amant, J. Beaulieu and B. A. Richardson**, “Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation,” *Climatic Change*, vol. 102, no. 3, pp. 595-623, 2010, doi:10.1007/s10584-009-9753-5.
- [11] **J. C. Soto-Correa, C. Sáenz-Romero, R. Lindig-Cisneros y E. de-la-Barrera**, “Migración asistida de *Lupinus elegans* Kunth en ensayos de jardín común en campo,” *Revista fitotecnia Mexicana*, vol. 37, no. 2, pp.107-116, 2014, doi:10.35196/rfm.2014.2.107.
- [12] **N. L. Crookston**, “Research on Forest Climate Change: Potential Effects of Global Warming on Forests and Plant Climate Relationships in Western North America and Mexico,” 2010. <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/> (Consultados abril 2021).

- [13] **M. F. Hutchinson**, Anuspline Version 4.3. Centre for resource and environmental studies, the Australian National University. Canberra, Australia, 2004.
- [14] **M. E. Hale**, "How to know the lichens", 2° Ed. The pictured key Nature series, Dubuque, Iowa, USA. 246 pp. 1979.
- [15] **I. M. Brodo, S. Duran-Sharnoff and S. Sharnoff**, "Lichens of North America", Yale University Press/New Haven and London, 795 pp. 2001.
- [16] **T. H. Nash III, B. D. Ryan, P. Diederich, C. Gries and F. Bungarts**, "Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region", Vol III. Lichens Unlimited, Arizona State University, Tempe, Arizona, U.S.A, vol. 567, pp. 2007.
- [17] **R. Santesson**, "Identification and Isolation of lichen substances", En: Ahmadjian, V. & M. Hale, Academic Press, pp. 697, 1973.
- [18] **V. Marcano**, "Introducción al estudio de los líquenes y su clasificación", Museo de la Ciencia, Mérida, 1994.
- [19] **A. Aptroot and C. Van Herk**. "Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with Trentepohlia phycobionts," Environmental Pollution, vol. 146, pp. 293-298, 2006, doi:10.1016/j.envpol.2006.03.018
- [20] **L. Concostrina-Zubiri, I. Martínez, S. G. Rabasa and A. Escudero**, "The influence of environmental factors on biological soil crust: from a community perspective to a species level approach," Journal of Vegetation Science, vol. 25, pp. 503-513, 2014, doi: 10.1111/jvs.12084.
- [21] **R. Lücking**, "Lichens on leaves in tropical rainforests: life in a permanently ephemeral environment. In Life forms and dynamics in tropical forests," Dissertationes Botanicae, G. Gottsberger y S. Liede (eds.), J. Cramer, Berlin-Stuttgart, pp. 41-77, 2001, <https://www.jstor.org/stable/4092063>.
- [22] **G. Sancho, L. A. Pintado, F. Navarro, M. Ramos, M. A. De Pablo, J. M. Blanquer, J. Raggio, F. Valladares and T. G. Allan-Green**, "Recent Warming and Cooling in the Antarctic Peninsula Region has Rapid and Large Effects on Lichen Vegetation," Scientific Reports, vol. 7, pp. 5689, 2017, doi: 10.1038/s41598-017-05989-4.
- [23] **B. Büdel and C. Scheidegger**, "Thallus morphology and anatomy". En T. Nash, III (Ed.), Lichen Biology (pp. 40-68). Cambridge: Cambridge University Press, 2008, doi:10.1017/CBO9780511790478.005.
- [24] **S. Merinero, O. Hilmo, and Y. Gauslaa**, "Size is a main driver for hydration traits in cyano and cephalolichens of boreal rainforest canopies," Fungal Ecology, vol. 7, pp. 59-66. 2014, doi:10.1016/j.funeco.2013.12.0.
- [25] **G. Mercado-Mancera, E. Troyo-Diequez, A. Aguirre-Gómez, B. Murillo-Amador, L. F. Bertrán-Morales y J. L. García-Hernández**, "Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimulador de la aridez y desertificación en zonas áridas," Universidad y Ciencia, vol. 26, no. 1, pp. 51-64, 2010.