



RELACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES DE *JUNIPERUS SAXICOLA* BRITTON Y P. WILSON EN UN FRAGMENTO DEL BOSQUE NUBLADO PARQUE NACIONAL TURQUINO

RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL VARIABLES OF *JUNIPERUS SAXICOLA* BRITTON AND P. WILSON IN A FRAGMENT OF THE CLOUD FOREST OF TURQUINO NATIONAL PARK

M ROSALES MARTÍNEZ*, J.L RODRÍGUEZ FONSECA, S CARRAZANA QUINTANA

Unidad de Ciencia y Técnica de Base Guisa, Granma, Cuba.

*Autor para correspondencia: mrosalesm@guisa.inaf.co.cu

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en 2018 en la Unidad Zonal de Conservación “Aguada de Joaquín” del Parque Nacional Turquino, con el objetivo de determinar la influencia de las variables ambientales sobre la vegetación asociada a *Juniperus saxicola* Britton & P. Wilson. Se establecieron seis transectos de 10 x 50 m, en los que se midieron variables como pedregosidad, abundancia, riqueza, pendiente, altitud y hojarasca. Los análisis de Correspondencia sin Tendencia y Redundancia revelaron que las variables más influyentes en la distribución de *J. saxicola* fueron la altitud, la abundancia y la hojarasca. Los resultados mostraron que *J. saxicola* se asocia a sitios de baja altitud y mayor acumulación de hojarasca, con una mayor abundancia en áreas de menor riqueza de especies. Además, la altitud y la hojarasca fueron las variables más correlacionadas con la distribución de la especie. La hojarasca actúa como un factor crucial en la protección del suelo contra la erosión y en la creación de un microclima favorable para la especie. Los análisis indicaron que la conservación de la especie depende de la preservación de estas variables ambientales.

Palabras clave: ecosistema forestal, análisis multivariado, distribución de especies, gradientes ecológicos, biodiversidad

ABSTRACT

The study was conducted in 2018 in the “Aguada de Joaquín” Conservation Zone of the Turquino National Park, aiming to determine the influence of environmental variables on the vegetation associated with *Juniperus saxicola* Britton & P. Wilson. Six 10 x 50 m transects were established, and variables such as stoniness, abundance, richness, slope, altitude, and leaf litter were measured. Correspondence Analysis and Redundancy Analysis revealed that the most influential variables on the distribution of *J. saxicola* were altitude, abundance, and leaf litter. The results showed that *J. saxicola* is associated with sites of low altitude and higher leaf litter accumulation, with greater abundance in areas of lower species richness. Furthermore, altitude and leaf litter were the most correlated variables with species distribution. Leaf litter plays a key role in protecting the soil from erosion and creating a favorable microclimate for the species. The analysis indicated that the conservation of the species depends on the preservation of these environmental variables.

Keywords: forest ecosystem, multivariate analysis, species distribution, ecological gradients, biodiversity

INTRODUCCIÓN

La caracterización del hábitat de las especies forestales es crucial para comprender su distribución geográfica, abundancia y presencia en una localidad. Esta información resulta fundamental para tomar decisiones apropiadas en la implementación de programas de conservación, manejo integral o medidas preventivas que contrarresten la

degradación del hábitat y la posible extinción de las plantas (Anderson et al., 2003).

Comprender las complejas relaciones entre las variables ambientales naturales y antrópicas, así como el estado dinámico del bosque, constituye uno de los principales objetivos de la ecología de la conservación. Las técnicas de análisis multivariado en los estudios ecológicos son herramientas clave para identificar los factores ambientales

Recibido: 03/2/2024

Aceptado: 03/5/2024

Conflictos de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de interés



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



responsables de los cambios en la estructura y distribución de la vegetación. Estas técnicas, junto con la disponibilidad de programas informáticos estadísticos aplicados a la ecología, permiten analizar grandes volúmenes de datos de las unidades de muestreo, que sintetizan las relaciones existentes entre las variables recogidas (Palmer, 1993).

Aguirre & Yaguana (2012) señalan que en cualquier estudio de vegetación de un ecosistema forestal es necesario ir más allá de los inventarios tradicionales, que solo proporcionan datos cualitativos sobre la presencia de flora en diferentes tipos de vegetación. Los listados de especies presentes en un área carecen de utilidad práctica para la planificación del manejo. Por esta razón, la tendencia actual es cuantificar la información florística mediante el muestreo de las distintas categorías de cobertura vegetal (ecosistemas). Con los datos obtenidos de estos muestreos, es posible calcular parámetros estructurales como densidad, abundancia, dominancia, frecuencia, índice de valor de importancia e índices de diversidad y similitud. Estos parámetros permiten evaluar la diversidad y, a su vez, interpretar el estado real de conservación de la flora en un área determinada.

La Lista Roja de la Flora Vascular de Cuba (González Torres et al., 2016) ofrece una visión detallada del estado de conservación del 66% de la flora nacional. Esta lista incluye 4,627 taxones, entre los cuales se encuentra *Juniperus saxicola* Britton & P. Wilson (Sabina), clasificada como en peligro crítico debido a su distribución geográfica restringida y fragmentada, así como la disminución continua de sus individuos.

Dado el limitado conocimiento sobre las afinidades florísticas de esta especie, esencial para diseñar estrategias de conservación efectivas, el objetivo de esta investigación es determinar la influencia de las variables ambientales sobre la vegetación asociada a *Juniperus saxicola* P. Wilson en el Bosque Nublado del Parque Nacional Turquino, con el fin de mejorar su manejo y conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

La investigación se realizó en 2018 en el Parque Nacional Turquino (PNT), específicamente en la Unidad Zonal de Conservación (UZC) "Aguada de Joaquín" (Figura 1), donde se encuentra *Juniperus saxicola*. El área está ubicada sobre suelos Ferralítico Rojo Lixiviado y Ferralítico Rojo Amarillento, a una altitud que varía entre los 1 000 y 1 400 msnm (Lastres et al., 2011).

Dado que se encuentra en el grupo orográfico de mayor elevación del país, esta zona presenta un microclima característico. En este microclima, las variables meteorológicas experimentan cambios bruscos en periodos relativamente cortos. La temperatura máxima promedio



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (GEOCUBA, 2012)

anual disminuye de 30°C en la costa a 16°C en las partes más altas durante el verano. Por otro lado, las temperaturas mínimas son más bajas en las zonas de La Aguada del Joaquín, donde se han registrado hasta 5°C en la estación invernal. Además, la temperatura media anual oscila entre 16°C y 20°C, y las precipitaciones anuales varían entre 2 200 mm y 2 600 mm. Los nublados son frecuentes durante casi todo el año, lo que contribuye a una humedad relativa alta, con la presencia de neblinas intermitentes a ras del suelo (Lastres et al., 2011).

Análisis Estadístico

Incidencia de variables ambientales en la distribución de la especie

Para determinar la influencia de las variables ambientales sobre la vegetación asociada, fue necesario explorar los datos obtenidos. Esto permitió calcular la longitud del gradiente en el Análisis de Correspondencia sin Tendencia (DCA), con el programa CANOCO 4.5 para Windows (Ter Braak, 1987). A partir de esta exploración, se decidió emplear el Análisis de Redundancia (RDA) como método de ordenación lineal para el análisis del gradiente directo.

Con el objetivo de reducir la influencia de valores extremos en los resultados de la ordenación Palmer (1993), se transformaron todas las variables para estandarizar los valores. Esto facilitó la comparación entre ellas, mediante las transformaciones $x' = \log x$ o $x' = \log (x + 1)$ (Braak & Smilauer, 1998).

- Pedregosidad: Se entiende como la presencia de piedras y afloramientos rocosos en el suelo de la parcela. Para esta variable se utilizó la técnica empleada por (Ravelo et al., 2014). La escala se muestra en la tabla 1.
- Abundancia: la cantidad de individuos que existen en el transecto.
- Riqueza de especie: la cantidad de especies que existen en los transectos.
- Pendiente (Pen): la inclinación o declive del terreno.
- Altitud: altura que posee la planta sobre el nivel mar.
- Hojarasca: cantidad de materia orgánica descompuesta en el suelo.

Tabla 1. Escala de pedregosidad

Escala	Pedregosidad
1	Baja
2	Media
3	Alta

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación de la vegetación con las variables ambientales

Los autovalores (0,246 y 0,115) para los tres primeros ejes indicaron una correlación significativa entre las parcelas y las especies (Tabla 2). La longitud del gradiente para

estos ejes fue considerable (1,429, 1,131 y 1,085), lo que sugiere un ligero cambio en la composición de especies entre transectos. Este cambio está definido por gradientes ambientales cortos relacionados con los tres primeros ejes, lo que explica la homogeneidad florística observada entre los sitios de muestreo.

El primer gradiente fue el más largo, que explica aproximadamente el 34% de la variabilidad total de las especies, mientras que los otros ejes explicaron un porcentaje menor (16,1%, 0,5% y 0,0%, respectivamente). Los resultados del Análisis de Redundancia (Tabla 3) mostraron que los tres primeros ejes ofrecieron una adecuada solución para la ordenación de las unidades de muestreo y las especies. Estos ejes explicaron el 90,5% de la relación entre las especies y las variables ambientales, en una variabilidad total de inercia igual a 1000.

Tabla 2. Resultados del análisis de correspondencia rectificado (DCA) donde se indican los autovalores y el porcentaje de varianza explicada por los datos de las especies para los cuatro ejes de la ordenación

Ejes	1	2	3	4	Varianza total (inercia)
Autovalores:	0,246	0,115	0,004	0,000	0,716
Longitud del gradiente:	1,429	1,131	1,085	0,000	
Correlaciones especies-ambiente:	0,000	0,000	0,000	0,000	
Porcentaje acumulado de la varianza					
De las especies:	34,4	50,5	51,0	0,0	
De la relación especie ambiente:	31,9	49,3	0,0	0,0	
Suma de todos los autovalores					0,716
Suma de todos los autovalores canónicos					0,716

Tabla 3. Resultados del análisis de Redundancia de las abundancias de las especies, transformadas logarítmicamente, en función de las variables ambientales

Ejes	1	2	3	4	Varianza Total (Inercia)
Autovalores:	0,347	0,236	0,196	0,127	1,000
Correlaciones especie-ambiente:	1,000	1,000	1,000	1,000	
Porcentaje acumulado de la varianza					
De las especies:	34,7	58,3	77,9	90,5	
De la relación especies-variables ambientales:	34,7	58,3	77,9	90,5	
Suma de todos los autovalores:					1,000
Suma de todos los valores canónicos:					1,000
Correlación de las variables ambientales con los ejes					
Altitud	0,8664	-0,2712	0,4107	-0,0374	
Hojarasca	- 0,5293	0,0297	0,5838	-0,4929	
Abundancia	0,4407	0,6156	0,2551	-0,1585	

El diagrama de ordenación (Figura 2) mostró una representación significativa de la distribución de la vegetación en relación con las variables ambientales. En el eje 1 (RDA1), el extremo negativo describió un aumento de la hojarasca, mientras que el extremo positivo estuvo asociado con mayor altitud, pendiente y pedregosidad, que se correlacionaron significativamente entre sí. Por su parte, el eje 2 (RDA2) reflejó un aumento de la abundancia hacia su extremo positivo. Los ejes 3 y 4 no mostraron patrones tan definidos; el eje 3 segregó principalmente con respecto a la hojarasca.

La distribución de la vegetación evidenció un gradiente asociado con *Juniperus saxicola*. En sitios de mayor altitud, esta especie se relacionó con *Dendropanax arboreus*, *Turpinia paniculata* e *Ilex nitida*, mientras que en altitudes más bajas se asoció con *Cyrilla antillana* y *Clusia tetrastigma*, especies vinculadas con la acumulación de hojarasca. En sitios con alta abundancia de individuos, *J. saxicola* se relacionó con *Pinus maestrensis* y *Haenianthus salicifolius*, pero en sitios con menor abundancia prefirió asociarse con *Ilex cubana* y *Tabebuia brooksiana*.

Desde un enfoque ecológico, *Juniperus saxicola* mostró una correlación alta con el eje 1 (0,9473), lo que sugiere una preferencia por sitios de baja altitud, menor pendiente y pedregosidad, así como mayor abundancia, área basal y densidad de individuos. Estos factores explican su reducido hábitat en la meseta del Turquino, según Bisse (1988). Además, el grosor de la capa de hojarasca, correlacionado con el eje 1 ($r = 0,5293$), se identificó como el principal factor asociado con su distribución, en relación con la erosión.

El análisis parcial de los ejes reveló que las variables más influyentes en la ordenación fueron el espesor de la hojarasca y la abundancia (51%), seguidas de la altitud (43%). Estas diferencias en magnitud contribuyeron a la segregación ecológica de *Juniperus saxicola*. Según Salas (1987), el mantillo actúa como aislante térmico, previene humedades extremas y protege contra la erosión, al tiempo que incrementa la capacidad de infiltración. Además, un clima estacional favorece la mineralización, mientras que un clima húmedo reduce la descomposición de materia orgánica.

Por otro lado, Polyakova & Billor (2007) señalaron que los ecosistemas forestales dependen de la descomposición del mantillo para el reciclaje de nutrientes. Según (Foelkel, 2005), este proceso es una fuente clave de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo, esenciales para el ciclo de nutrientes suelo-planta.

CONCLUSIONES

Las variables con mayor influencia sobre la vegetación acompañante de *Juniperus saxicola* son el espesor de la hojarasca y la altitud. Estas regularon la abundancia y

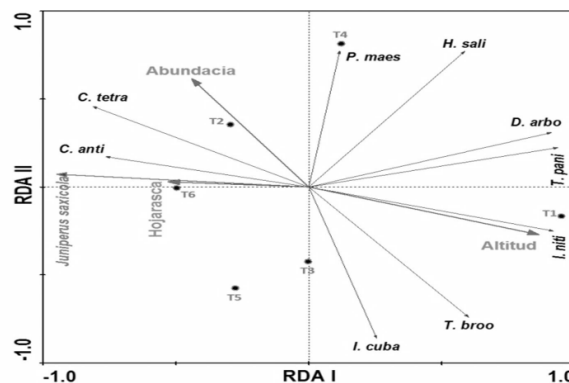


Figura 2. Análisis de Redundancia para seis transectos muestrados en la vegetación acompañante de *Juniperus saxicola*, en relación a dos variables ambientales y una variable topográfica. Las flechas en azul corresponden a las especies y las flechas rojas a las variables. Leyenda: *Juniperus saxicola* Britton & P. Wilson; *Cyrilla antillana* Michx (C. anti); *Clusia tetrastigma* Vesque (C.tetra); *Pinus maestrensis* Bisse (P.maes); *Haenianthus salicifolius* Griseb (H.sali); *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch (D.arbo); *Turpinia paniculata* Vent (T.pani); *Ilex nitida* (Vahl) Maxim (I.niti); *Tabebuia brooksiana* Britton (T.broo); *Ilex cubana* Loes (I.cuba).

frecuencia poblacional, lo que permitió el desarrollo y la conservación de la especie en el corto y mediano plazo.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, Z., & Yaguana, C. (2012). Documento guía de métodos para la medición de la biodiversidad. *Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador*.
- Anderson, R. P., Lew, D., & Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162(3), 211-232. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00349-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00349-6)
- Bisse, J. (1988). *Árboles de Cuba*. Editorial Científico-Técnica.
- Braak, C. ter, & Smilauer, P. (1998). CANOCO Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). *Centre for Biometry*. <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/948139>
- Foelkel, C. (2005). Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. *Eucalyptus Newsletter*, 2.
- GEOCUBA. (2012). *Mapas del Parque Nacional Turquino* [Map].
- González Torres, L. R., Palmarola Bejerano, A., González Oliva, L., Bécquer, E. R., Testé, E., Barrios Valdés, D., Acosta Ramos, Z., Alomá Moreno, O., Álvarez Montes de Oca, J. C., & Berazaín Iturralde, R. C. (2016). *Lista Roja de la Flora de Cuba 2016*.

- Lastres, A. I., Hernández, R. P., & Gómez, T. J. M. (2011). *Área Protegida Parque Nacional Turquino* (Plan de Manejo Nos. 2011-2015).
- Palmer, M. W. (1993). Putting Things in Even Better Order: The Advantages of Canonical Correspondence Analysis. *Ecology*, 74(8), 2215-2230. <https://doi.org/10.2307/1939575>
- Polyakova, O., & Billor, N. (2007). Impact of deciduous tree species on litterfall quality, decomposition rates and nutrient circulation in pine stands. *Forest Ecology and Management*, 253(1), 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.049>
- Ravelo, K., Hernández, F., Paneque, I., Crespo, A., & Gutiérrez, H. (2014). Factores naturales y antrópicos y su relación con la densidad de colonias de *Melipona beecheii* en cinco formaciones vegetales del valle San Andrés. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2(2).
- Salas, G. de las. (1987). *Suelos y ecosistemas forestales: Con énfasis en América tropical*. IICA.
- Ter Braak, C. J. F. (1987). The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69(1), 69-77. <https://doi.org/10.1007/BF00038688>