

105

LOS ROBLEDALES

DIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

Ficha metodológica

La ficha surge como resultado de la tesis doctoral de uno de los autores, Andrés Avella, quien a partir del estudio y clasificación de los tipos de robledales de Colombia, plantea lineamientos importantes para su gestión forestal sostenible.

La investigación gira alrededor de dos elementos: la caracterización fitosociológica de los robledales y la evaluación de la influencia de gradientes ambientales sobre los mismos.

El estudio fitosociológico se hizo con base en la compilación de información (propia e inédita) de inventarios y censos de bosques de roble realizados en diferentes partes del país, en áreas entre 100 y 1000 m² (preferiblemente delimitadas), que tenían en cuenta los siguientes intervalos de altura de los individuos para diferenciar estratos¹: (**r**): rasante (<0.3 m); (**H**): herbáceo (0.3-1.49 m);

(**Ar**): arbustivo (1.5-4.9 m); (**A**): subarbóreo o de arbolitos (5-11.9 m); (**Ai**): arbóreo inferior (12-25 m) y (**As**): arbóreo superior (>25 m).

En la definición de la composición florística de las diferentes fitocenosis se utilizó el método automatizado TWINSpan incluido en el programa PC-ORD versión 4.41² y en el programa JUICE versión 6.5.13³ para detectar tendencias de separación de los diferentes conjuntos. Después se efectuaron manualmente los arreglos finales y con la estimación de la fidelidad calculada a partir de la escala del coeficiente Phi^{4,5} y del método de análisis de especies indicadoras⁶ incluidos en el programa PC-ORD versión 4.4, fue posible diferenciar las unidades sintaxonómicas. El arreglo fitosociológico final siguió las recomendaciones del Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica^{7,8}.

De otra parte, para evaluar la influencia de la altitud, la precipitación y su efecto combinado sobre los bosques de roble, se utilizaron 52 levantamientos de vegetación de 0,1 ha, influenciados principalmente por los gradientes en cuestión. Dichos levantamientos fueron realizados en la vertiente occidental de la cordillera oriental, en el sector central del corredor de conservación GRI, de ellos se seleccionaron tres bases de datos categorizadas a priori.

Basados en las clasificaciones de vegetación según el gradiente altitudinal^{9,10}, se definieron dos grupos de bosques de robles: el primero correspondiente a bosques subandinos (< 2500 m de altitud) y el segundo a bosques andinos (> 2500 m de altitud).

En cuanto a la clasificación del gradiente de precipitación se utilizaron 22 levantamientos de 500 m², realizados en dos sectores con diferencias marcadas en precipitación (pero que se encontraban en el mismo nivel altitudinal) ubicados en los municipios de Apia (Risaralda), Santa Rosa del Sur (Bolívar), Abriaquí (Antioquia), Guaduas (Cundinamarca) y Chachagüí (Nariño). De acuerdo con la propuesta de provincias de humedad¹¹, se establecieron dos tipos de bosques de robles influenciados por la precipitación, el

primero corresponde a los robledales de zonas con una precipitación promedio anual mayor a 2000 mm (provincia húmeda) y el segundo a los robledales de zonas con una precipitación promedio anual menor a 2000 mm (provincia subhúmeda).

Todos los análisis multivariados se realizaron utilizando el programa PC-ORD versión 6.0¹². El coeficiente de Sørensen fue utilizado como medida ya que permite obtener mejores resultados en matrices de datos heterogéneas en comparación con la distancia Euclidiana¹³. Luego de clasificar cada levantamiento de acuerdo con el grupo predefinido por los factores de altitud y precipitación, se hizo el análisis de procedimiento multi-respuesta por permutación (MRPP), técnica multivariada no paramétrica que está siendo ampliamente utilizada con el fin de identificar si los grupos definidos a priori presentan un nivel de significancia aceptable ($p < 0.05$)¹⁴.

También se realizó una ordenación ecológica a través del método de escalamiento no-métrico multidimensional (NMS), análisis de gradiente indirecto en el cual los levantamientos se asignan a un reducido espacio de ordenación de acuerdo con el orden de las distancias de disimilaridad entre ellos¹⁴. Varios estudios presentan argumentos a favor del análisis NMS^{15,16,17,18} y lo proponen como el mejor método de ordenación

indirecta. El NMS se realizó con 250 corridas de datos reales y 250 corridas de datos aleatorizados con un máximo de 500 iteraciones; el criterio de inestabilidad fue de 10^{-4} . La aleatorización de los datos con una prueba de Monte Carlo permitió evaluar si los ejes de ordenación tenían un estrés menor de lo esperado por azar. Los niveles de estrés por debajo de aproximadamente 20 % se considera que proporcionan una solución cuantitativa satisfactoria¹⁸.

Finalmente se realizó un dendrograma a partir del análisis de conglomerados, el cual proporciona una medida adicional de variabilidad

FUENTE DE DATOS UTILIZADOS

Para la elaboración de la síntesis fitosociológica, se compiló información de los bosques de roble localizados en la Serranía de San Lucas, al sur del departamento de Bolívar; en el Parque Nacional Natural Paramillo, departamento de Córdoba; en la Serranía del Perijá, departamento del Cesar; en la cordillera Oriental, departamentos de Santander, Boyacá y Cundinamarca; en la cordillera Occidental, departamentos de Antioquia y Risaralda, y en el macizo central, departamento de Nariño. Además se incluyó la información original de las contribuciones científicas para las cordilleras Oriental^{19,20,21,22}, Central²³ y

relativa. Una clasificación jerárquica, politética y aglomerativa como los análisis jerárquicos de conglomerados es un complemento muy útil para la ordenación con la técnica NMS porque, a diferencia de otros métodos de clasificación, ésta se puede basar en cualquier medida de distancia, es decir que puede ser realizado utilizando el mismo coeficiente de proporción para que los resultados sean directamente comparables con los de la ordenación NMS¹⁴. El método de enlace utilizado fue el de la media del grupo (Group Average Method) porque es el más recomendado cuando se utiliza el índice de Sørensen¹³.

Occidental²⁴ y para el Macizo Central^{25,26,27}.

También se incluyeron algunos levantamientos inéditos de Van der Hammen en los departamentos de Santander y Boyacá, en la cordillera oriental, y los levantamientos del Proyecto de Ordenación Forestal Sostenible para el Altiplano del Norte de Antioquia^{28,29}.

La mayor parte de los trabajos tienen depositados los ejemplares botánicos en el Herbario Nacional Colombiano (COL) del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, bajo las series: Roberto Jaramillo (RJM), Andrés Avella Muñoz (AAM),

René López (RL), David Jimenez Escobar (NDJ), Ana Cristina Estupiñan (ACE), Nicolas Castaño (NCA), Nathalie Rosales Cuervo (NR) y Michelle Hernández (MH). También

se depositaron ejemplares en los herbarios del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB) y en el de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDBC).

LITERATURA ASOCIADA

[1] Rangel-Ch, J. O., y Lozano-C, G. (1986). Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el Volcán del Puracé. *Caldasia* 14(68-70), 503-547.

[2] McCune B., Mefford, J. (1999). PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.41 electronic manual. MjM software, Gleneden Beach, Oregon.

[3] Tichý, L., y J. Holt. (2006). *JUICE: Program for management, analysis and classification of ecological data. Program manual. Vegetation science group*. Brno. República Checa: Masarik Universtisty.

[4] Sokal, R.R., y Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition*. New York, United States of America: W.H. Freeman.

[5] Chytrý, M. L., Tichý, L., Holt, J., y Botta-Dukat, Z. (2002). Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 13, 79-90.

[6] Dufrêne M., y Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible

asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 345-366.

[7] Weber, H.E., Moravec, J., y Theurillat, J. P. (2000). International code of phytosociological nomenclature. 3rd edition. *Journal of Vegetation Science*, 11, 739-768.

[8] Izco J., y Del Arco, M. (2003). *Código internacional de nomenclatura fitosociológica. Materiales didácticos universitarios, Serie Botánica 2*. Santa Cruz de Tenerife. España: Universidad de La Laguna.

[9] Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista Academia. Colombiana de Ciencias Exactas*, 10(40), 221-268.

[10] Rangel-Ch., J. O. (1991). *Vegetación y ambiente en tres gradientes montañosos de Colombia* (tesis doctoral). Universidad de Ámsterdam, Holanda.

[11] Holdridge L. R. (1967). *Life zone ecology*. San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center.

- [12] McCune, B., y Mefford, J. M. (2011). *PC-ORD Version 6: Multivariate Analysis of Ecological Data. User's Guide*. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.
- [13] Peck J. (2010). *Multivariate Analysis for Community Ecologists: Step-by-Step using PC-ORD*. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.
- [14] Robbins, J., y Matthews, J. A. (2010). Regional Variation in Successional Trajectories and Rates of Vegetation Change on Glacier Forelands in South-Central Norway. *Artic. Antarctic, and Alpine Research*, 4 (3), 351-361.
- [15] Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143.
- [16] Legendre, P., y Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology. Developments Environmental Modelling* 20. Amsterdam, Netherland: Elsevier Science B. V.
- [17] Cox, T. F., y Cox, M A. (2001). *Multidimensional scaling. Second edition*. Boca Raton, Florida: Chapman and Hall.
- [18] McCune, B., y Grace, J. B., 2002: *Analysis of Ecological Communities*. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software Design.
- [19] Lozano-C, G., y Torres-R, J. H. (1965). *Estudio fitosociológico de un bosque de robles Quercus humboldtii H. & B. de La Merced, Cundinamarca* (tesis de grado). Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- [20] Van der Hammen T., Jaramillo-M., R., y Murillo, M. T. (2008). Oak forests of the Andean forest zone of Colombian Eastern cordillera. En: T. Van der Hammen (Ed.). *Estudios de Ecosistemas Tropandinos-Ecoandes 7. La cordillera Oriental, transecto de Sumapaz* (pp 595-614). Berlín-Stuttgaart, Germany: J. Cramer, (BORNTRAEGER).
- [21] Hernández, M., y Rosales, N. (2010). *Contribución al conocimiento de la estructura y la composición florística de un bosque de niebla subandino ubicado en la cuenca de la Laguna de Pedro Palo (Tena – Cundinamarca, Colombia)* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias, Universidad Militar “Nueva Granada”, Bogotá, Colombia.
- [22] Hernández, M., Rosales, N., y Cortes, S. P. (2011). Riqueza y diversidad florística de un bosque de niebla subandino en la reserva forestal Laguna de Pedro Palo (Tena – Cundinamarca, Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Militar Nueva Granada*, 7(1), 32-47.

[23] Cleef, A. M., Rangel-Ch., J. O., y Salamanca-V., S. (2003). The Andean rain forests of the parque Los Nevados transect, cordillera Central. En T. Van der Hammen. (Ed.). *La Cordillera Central Colombiana transecto Parque Los Nevados*: (pp. 79-142). Bogotá, Colombia: J. Cramer, (BORNTRAEGER) Berlín-Stuttgart.

[24] Rangel-Ch, J. O., Cleef, A. M., Salamanca, S., y Ariza, Cl. (2005). La vegetación de los bosques y selvas del Tatamá. En T. Van der Hammen, J. O. Rangel-Ch, y A. M. Cleef. (Ed.), *La cordillera Occidental, transecto de Tatamá. Estudios de Ecosistemas Tropandinos-Ecoandes 6* (469-644). Bogotá D.C., Colombia: J. Cramer, (BORNTRAEGER) Berlín-Stuttgart.

[25] Vidal C., y Zuñiga, S. (1993). Comparación estructural de bosques de *Quercus humboldtii* (Roble) andino y subandino. Región del Chocó biogeográfico, cordillera Occidental, Argelia, Cauca. Informe técnico Fondo FEN Colombia.

[26] Ospina R., y Paz, J. P. (2012). Características florísticas de un bosque de roble (*Quercus humboldtii*) en la meseta de Popayán (Cauca). *Rev.Bio.Agro*, 10 (2), 243-248.

[27] Rangel-Ch J.O., Cleef, A. M., y Salamanca, S. (1989). La vegetación de las regiones de vida subandina y ecuatorial del transecto Parque Los Nevados (cordillera Central

colombiana). *Perez-Arbelaezia*, 2(8), 329-381.

[28] Toro, J. L. (2009). Formulación del Plan de ordenación forestal sostenible para los robledales del altiplano norte de Antioquia. En: R. Parrado-R. L.M. Cárdenas. *Libro de resúmenes II Simposio internacional de bosques de robles y ecosistemas asociados: 26*. Bogotá, D.C., Colombia: Fundación natura Colombia – Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

[29] Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) y Universidad Nacional de Colombia. (2011). Ordenación Forestal Sostenible de los Bosques Fragmentados del Altiplano Norte del Departamento de Antioquia -Segunda Fase-. Informe técnico. Corantioquia, Subdirección de Ecosistemas – Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias agropecuarias, Departamento de Ciencias Forestales.

USOS Y USUARIOS RECOMENDADOS

La ficha es un insumo de gran utilidad tanto para los profesionales y autoridades ambientales encargadas de la gestión sostenible y conservación de los bosques de roble del país, como para las comunidades que históricamente se

han beneficiado de sus bienes y servicios ambientales. En los dos casos proporciona pautas para el manejo y conservación de estas importantes comunidades vegetales a partir del conocimiento de su funcionamiento y dinámicas ecológicas.

Cítese como: Avella, A., y Rangel, O. (2017). Los Robledales. Diversidad y Conservación. En Moreno, L. A., Andrade, G. I., y Ruiz-Contreras, L. F. (Eds.). 2016. *Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.