

Métodos multivariantes aplicados a la ecología forestal en bosque seco

Castro-Villares Jefferson Javier
<https://orcid.org/0000-0001-8359-5457>
castrojavier1996@hotmail.com
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Salas-Macías Carlos Alfredo
<https://orcid.org/0000-0002-1641-1571>
carlos.salas@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Montes-Escobar Karime
<https://orcid.org/0000-0002-9555-0392>
karime.montes@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo-Ecuador

Recibido (24/08/2022), Aceptado (29/10/2022)

Resumen. - La ecología estudia las relaciones entre los seres vivos, ambiente, distribución, abundancia, y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y el medio ambiente en el que viven (hábitat), así como la influencia que cada uno de los seres vivos tiene sobre el medio ambiente. Los métodos estadísticos son fundamentales para el tratamiento de los datos y divulgación de la información, en este sentido, la investigación se enfoca en exponer las técnicas multivariantes aplicadas para el análisis de las relaciones de especies arbóreas y características fisicoquímicas del suelo. La metodología consistió en la revisión de artículos relacionados con palabras claves como "Bosque seco", "estadística multivariante", "ecología". Entre los resultados de relevancia destacan el análisis canónico de correspondencia, análisis factorial, y dendrogramas.

Palabras clave: Bosque seco, estadística multivariante, ecología.

Multivariate methods applied to forest ecology in dry forest

Abstract. - Ecology studies the relationships between living beings, environment, distribution, and abundance, and how these properties are affected by the interaction between organisms and the environment in which they live (habitat), as well as the influence each living being has on the environment. Statistical methods are fundamental for the treatment of data and dissemination of information. The research focuses on exposing the multivariate techniques applied to analyze the relationships between tree species and the physical-chemical characteristics of the soil. The methodology consisted of reviewing articles related to keywords such as: "dry forest," "multivariate statistics," and "ecology." Among the relevant results, the canonical correspondence analysis, factor analysis, and dendrograms stand out.

Keywords: Dry forest, multivariate statistics, ecology.

I. INTRODUCCIÓN

Desde su origen, la especie humana ha sobrevivido explotando elementos de su entorno, no solo extracciones esporádicas en algunas zonas, sino uso desproporcionado de los recursos [1], [2] lo cual produce un deterioro y extinción de especies [3], [2]. Al respecto, varios autores coincidieron en que los futuros impactos del cambio climático podrían alterar el funcionamiento de los ecosistemas debido a una mayor estacionalidad [4], [2], la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) propuso recientemente la creación de una lista roja de ecosistemas. El modelo incluye cinco criterios para evaluar el riesgo de colapso del ecosistema, los cuales son: a) Reducción en la distribución geográfica, b) Distribución geográfica restringida, c) Degradación ambiental, d) Interrupción de los procesos o interacciones bióticas y e) Análisis cuantitativo que estima la probabilidad de colapso del ecosistema [5], [2].

Considerando estos criterios, es probable que el ecosistema del bosque seco sea susceptible al ser categorizado como amenazado según los criterios UICN [5][6], dado que estos ecosistemas son afectados en diferente medida por algunas actividades antropogénicas (extracción de madera, conversión del uso de la tierra, incendios forestales, pastoreo, condiciones climáticas extremas), lo cual ha provocado una extrema fragilidad en su conservación y estabilidad ecológica [7], [8], [9].

En el Ecuador, los bosques secos se encuentran distribuidos en dos áreas: sobre la costa pacífica centro (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas) y, en la costa sur y estribaciones occidentales de los Andes (El Oro y Loja). Originalmente el 35% del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco, se estima que el 50 % habría desaparecido [10], debido a fuertes presiones de origen antropogénicas y climático que inciden directamente sobre el entorno en que se desarrollan los organismos [2].

En términos generales la relación entre factores edáficos y desarrollo de especies forestales depende de la producción y velocidad de descomposición de los residuos orgánicos aportados por el dosel del bosque condicionado por el espesor de la hojarasca acumulada sobre el suelo, siendo las hojas la fracción mayoritaria de este material. En los sistemas forestales, la descomposición de la hojarasca es la principal vía de entrada de los nutrientes en el suelo y es uno de los puntos clave del reciclado de la materia orgánica y nutrientes [11], las condiciones de reciclaje de nutrientes depende de factores bióticos (insectos, hongos, microorganismos) y abióticos (temperatura, precipitación, humedad del suelo) [12], condiciones escasas en el bosque seco por ende se reduce el aporte de nutrientes, en este sentido el presente trabajo tiene como objetivo aplicar métodos estadísticos para relacionar la abundancia de especies arbóreas y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

II. DESARROLLO

A. Ecología

La ecología estudia las relaciones entre los seres vivos, su ambiente, la distribución, la abundancia, y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y el medio ambiente en el que viven (hábitat), así como la influencia que cada uno de los seres vivos tiene sobre el medio ambiente [13], el crecimiento y desarrollo de un árbol en un lugar determinado está condicionado por la información que alberga en su material hereditario y por las múltiples circunstancias externas que lo rodean y que en general reconocemos como su ambiente. Esta permanente interacción genotipo-ambiente genera un continuum de respuestas que se manifiestan en el fenotipo de cada individuo. Tradicionalmente se distinguen los componentes físicos del ambiente (temperatura, precipitación y condiciones edáficas) y los componentes biológicos (predadores, competidores, organismos simbiotes, entre otros), todos ellos tienen su incidencia no sólo en el adecuado desarrollo de cada individuo, sino también en el éxito reproductivo y la propagación de la especie en un territorio [14].

A. Técnicas multivariantes

En diferentes campos del conocimiento, el análisis numérico de la información frecuentemente se realiza por medio de distintos cálculos estadísticos. Actualmente, se encuentran disponibles métodos que otorgan nuevas posibilidades de tratamiento cuantitativo, que ciertamente no sería posible realizar con los procedimientos tradicionales uni y bivariantes. Estos métodos, integrados por una serie de técnicas de análisis de datos que forman parte de la rama de la Estadística conocida como análisis multivariante, resultan de gran utilidad para llevar adelante estudios tanto de dependencia como de interdependencia entre variables. Podría decirse que el análisis multivariante se inició con la utilización de la regresión lineal por parte de Gauss en 1809 y, posteriormente, por otros estadísticos como Markov en 1900, en tanto que las técnicas más recientes tuvieron origen en los años treinta. En el presente, se encuentran disponibles diversos programas informáticos (R, SPSS, S-PLUS, AMOS, STATA, Mplus, SAS, EQS, SAS Calis, entre otros), los cuales incluyen procedimientos razonablemente sencillos para aplicar la mayoría de las técnicas del análisis multivariante de datos [15]

Los objetivos que persigue el análisis multivariante podrían sintetizarse del siguiente modo:

- Proporcionar métodos cuya finalidad es el estudio conjunto de datos multivariantes, lo que a través del análisis estadístico uni y bivalente no es posible lograr.
- Ayudar al investigador a tomar decisiones óptimas en el contexto en el que se encuentre teniendo en cuenta la información que aporta el conjunto de datos analizado [15].

Entre los análisis estadísticos multivariantes aplicados en estudios de ecología forestal, se presentan las empleadas en los trabajos de:

La referencia [16], muestra un estudio de calidad de suelo y sucesión vegetal en andosoles forestales de las Islas Canarias, en el cual se aplicó un Análisis de la vegetación mediante TWINSpan, Análisis de Correspondencia Corregido (DCA) para determinar la relación de especies por su distribución, un Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) para establecer las relaciones existentes entre la composición florística y las propiedades del suelo, con el apoyo de estos análisis se determinó:

- Fayal-Brezal húmedo: Erica arborea, Myrica faya, Laurus azorica, Viola riviniana, poseen preferencias por ambientes húmedos y sombreados.
- Fayal-Brezal xérico: E. arborea, M. faya, L. azorica, Chamaecytisus proliferus, preferencia por un sotobosque típico de sitios secos y soleados.
- Matorral húmedo: Pteridium aquilinum, posee preferencia por ambientes húmedos.
- Matorral xérico: formación de matorral caracterizada por la presencia de especies fotófilas tales como Ch. proliferus.

Las formaciones xéricas, en base a su composición florística, presentan diferencias significativas con respecto a las formaciones húmedas en cuanto al estado de humedad del suelo en profundidad, en algunas propiedades ándicas y en la disponibilidad de fósforo. Las comunidades arbóreas se han desarrollado sobre suelos más profundos y menos pedregosos que en el caso del matorral y además tienen valores significativamente más altos de materia orgánica (total y humificada), de metales complejados con la materia orgánica, de capacidad de retención de agua, de retención de fosfato y de fracción fina.

La referencia [17], señala una investigación del efecto del estadio sucesional del bosque sobre la relación hospedadores-orquídeas epífitas en la estación biológica Pindo Mirador, Ecuador en el cual se aplicó un Análisis de Correspondencia Canónico entre variables de la estructura del bosque y los registros de epífitas por parcelas, obteniendo dos grupos, uno relacionado con el bosque secundario, donde se obtuvo la dispersión del muestreo, poco efecto de variables; influencia de aquellas más vinculadas a una dinámica próxima a los impactos de las talas forestales como el predominio de arbóreos de menor dimensión diamétrica y un mayor porcentaje en la apertura del dosel. Por otra parte, en el bosque primario hay un mayor efecto de variables relacionadas con una estructura de bosque maduro (mayor altura de los árboles y fustes, la abundancia de los arbóreos y las mayores dimensiones diamétricas de sus fustes).

La referencia [18], indica un estudio de la Estructura y Diversidad de Especies Arbóreas del Bosque Siempreverde Montano Alto del Parque Nacional Sangay-Ecuador, en donde se realizó un Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) para establecer las relaciones entre las variables ambientales y especies, determinando una correspondencia de un 48,44 % con relación a las variables topográficas donde sobresalen las variables pedregosidad, textura y fisiografía y un 56,13 % con las variables químicas del suelo lo que indica que en su mayoría estas tienen una fuerte correlación con los parámetros N, P, K, pH y MO.

La referencia [19], muestra un estudio de Propuesta tipológica forestal para los bosques de Quercus pyrenaica de la comarca del Bierzo del noroeste de España, aplicando estadística multivariante a las parcelas del tercer Inventario Forestal Nacional. Las etapas del análisis estadístico fueron análisis factorial, confección de dendrograma para determinar el número de tipos, y análisis discriminante para hallar las variables con mayor poder de discriminación, luego de la aplicación de dichos análisis se determinó en el AF el grado de correlación entre las variables originales resultó cercano a cero, indicando una alta correlación entre las variables del modelo, el dendrograma de agrupamiento estableció seis tipos de clasificación tipológica:

- Tipo latizal bajo de baja densidad corresponden a bosques de aspecto juvenil, acompañados ocasionalmente por algunos árboles de diámetros mayores en estratos superiores, en este tipo se agrupó el mayor porcentaje de parcelas con un 30% del total.
- Tipo latizal alto este tipo constituye un conjunto de alta homogeneidad en su dispersión diamétrica, lo que otorga una fisonomía de bosque, este tipo está representado en las parcelas con un 27%.
- Tipo latizal bajo de alta densidad posee una fisonomía similar al latizal bajo, en cuanto a su condición de desarrollo y la presencia ocasional de árboles en estratos superiores, representa un 16% de las parcelas.
- Tipo fustal joven corresponde a bosques en que los árboles presentan claramente un desarrollo fustal con diámetros menores en torno a los 25 cm, aunque en algunos casos puedan estar acompañados por individuos de menor talla, lo que es sugerido por la presencia, aunque escasa, de fustes finos, en este tipo agrupa sólo un 10% de las parcelas.
- Tipo de bosques mixtos corresponde a bosques con predominancia de rebollo y la presencia de otras especies arbóreas, estos bosques representaron el 13% del total de parcelas.
- Tipo fustales adultos de baja densidad son bosques de fisonomía claramente adulta y sobre madura en que los diámetros se encuentran en torno a los 70 cm, superando en ocasiones un metro, representan el 1% de las parcelas.

Las variables principales de agrupamiento determinadas por el análisis discriminante fueron: espesor, distribución diamétrica y composición específica, determinando ventaja del método la depuración de variables principales en un gran grupo de datos, considerando que cada asociación forestal acentuará características propias y no necesariamente idénticas a otras. La clasificación de los árboles según su tamaño diametral ofrece buenos resultados para discriminar.

Las variables principales de agrupamiento determinadas por el análisis discriminante fueron: espesor, distribución diamétrica y composición específica, determinando ventaja del método la depuración de variables principales en un gran grupo de datos, considerando que cada asociación forestal acentuará características propias y no necesariamente idénticas a otras. La clasificación de los árboles según su tamaño diametral ofrece buenos resultados para discriminar.

La referencia [20], señala una investigación sobre la influencia de las características ambientales en la composición florística de un bosque seco tropical del recinto Tacusa del cantón Esmeraldas, donde se aplicó un análisis canónico de correspondencia para determinar la relación de las especies forestales con las relaciones fisicoquímicas del suelo, obteniendo como resultado que los macroelementos y microelementos se relacionan con las especies de mayor índice de valor importancia debido que algunos nutrientes son absorbidos de mayor cantidad a diferencia de otros, generando fuente de energía que exponen estos elementos para poder funcionar de una adecuada manera en la naturaleza.

Las especies Mata palo (*Ficus obtusifolia*), Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*), Caoba (*Platymiscium pinnatum*), Guabo (*Inga sp.*), Guayacán (*Tabebuia chrysantha*), este tipo de unidades presenta texturas de suelo arcillosos y elementos ambientales como N. (Nitrógeno), Cedro (*Cedrela odorata*), Mambra (*Erythrina poeppigiana*), Jigua (*Ocotea sp.*), Zabaleta (*Calophyllum brasiliense*), Caucho (*Castilla elástica*), este tipo de parcela presenta una textura de suelo arenoso, limoso y variables ambientales como Mg (Magnesio), B (Boro), Amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), Guayabo monte (*Psidium guajava*), Cabo de Hacha (*Machaerium millei*), Bálsamo (*Myroxylon balsamum*), en estas unidades se encontró elementos como Materia orgánica y pH. Muyuyo de monte (*Cordia lutea*), Moral Fino (*Maclura tinctoria*), Laurel (*Cordia alliodora*), esta parcela muestra las variables ambientales como: Mn (Manganeso), K (Potasio), Ca (Calcio), Cu (Cobre), P (Fósforo), Fe (Hierro), Zn (Cinc), S (Azufre), encontradas en el área del bosque.

Guayabo monte (*Psidium guajava*), Bálsamo (*Myroxylon balsamum*), Muyuyo de monte (*Cordia lutea*), esta unidad presenta los elementos ambientales como: K (Potasio), pH y textura arcillosa del suelo.

Cabo de Hacha (*Machaerium millei*), Amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), Laurel (*Cordia alliodora*), Moral fino (*Maclura tinctoria*), esta unidad muestra las variables ambientales como: Ca (Calcio), Fe (Hierro), S (Azufre), Zn (Zinc), P (Fósforo) y presenta una textura arenosa, limosa en el suelo.

Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*), Caoba (*Platymiscium pinnatum*), Guabo (*Inga sp.*), Guayacán (*Tabebuia chrysantha*), Hueso mono (*sp.*), estas unidades reflejan los elementos ambientales tales como: M.O. (Materia Orgánica) y N (Nitrógeno), en la zona del bosque.

Mata Palo (*Ficus obtusifolia*), Jigua (*Ocotea sp.*), Cedro (*Cedrela odorata*), Mambra (*Erythrina poeppigiana*), Caucho (*Castilla elástica*), estas últimas unidades presentan las siguientes variables ambientales: Cu (Cobre), Mn (Manganeso), B (Boro), Mg (Magnesio), en el área de estudio.

III. METODOLOGÍA

El conjunto de artículos base se obtiene a través de una búsqueda bibliográfica con el uso de sitios web como: Google Scholar, Science Direct, Research Gate, Dialnet, Scielo, entre otros.

Para filtrar la información se utilizan palabras claves como, "bosque seco", "ecología", "suelos", "relaciones edáficas", "especies forestales", "nutrientes", "estadística multivariante" esta configuración permite obtener trabajos significativos, donde inicialmente se tiene acceso a los títulos de 125 artículos, de los cuáles se citan 12 artículos, que se consideran relevantes para el trabajo, los cuales se sometieron a un proceso de análisis, revisión y descripción. Se evalúa la calidad y frecuencia de los métodos estadísticos aplicados dentro de un mismo campo de estudio, además se analiza la viabilidad y validez de dichos métodos para el desarrollo de investigaciones futuras.

IV. RESULTADOS

La investigación contempló un análisis bibliográfico de 12 trabajos científicos que se desarrollaron en diversas temporadas y en diferentes instituciones a nivel mundial. Estos trabajos científicos de relevancia utilizaban como método, las técnicas estadísticas multivariantes que permitieron encontrar y discutir resultados de cómo se relacionan las características fisicoquímicas del suelo y la permanencia de especies forestales.

Los autores muestran similitud entre sus resultados, mostrando influencia de factores ambientales y geográficos como los más influyentes en las relaciones fisicoquímicas del suelo y las especies forestales. Además, se puede apreciar la relevancia de las técnicas estadísticas utilizadas y su aporte en la toma de decisiones.

Se observó que los métodos multivariantes permiten aclarar las relaciones entre las diferentes variables analizadas. Además, estos métodos son útiles para medir, explicar y predecir el grado de relación que existe entre las variables.

El estudio de los bosques secos puede abordarse también desde una metodología de análisis multitemporal de imágenes satelitales landsat, relacionando las coberturas vegetales y la abundancia de especies arbóreas, que se distingue del método multivariante por el procesamiento informático y uso de imágenes satelitales de diferentes periodos de tiempo, sin embargo, se presentan factores que limitan su adecuado desarrollo como imágenes libres de nubosidad, escasa información histórica que permita evaluar la exactitud de la clasificación de imágenes, poca información satelital del área de estudio.

El análisis canónico de correspondencia (CCA) fue la técnica estadística más aplicada por los autores en la presente investigación permitiendo determinar de manera efectiva las relaciones existentes entre especies arbóreas y propiedades fisicoquímicas del suelo, esta técnica facilita la comprensión en los procesos biológicos de especies arbóreas y su adaptación en el medio, garantizando de este modo los procesos de reforestación en zonas idóneas para las especies, reduciendo la tasa de mortalidad, extinción de especies y fragmentación del ecosistema.

CONCLUSIONES

Las técnicas estadísticas permiten el análisis de múltiples variables en un período de tiempo relativamente corto, y de la misma manera se pueden observar las relaciones que existen entre las variables. Es importante recalcar que el investigador es libre de elegir las técnicas estadísticas que crea conveniente, sin embargo, la elección del método es uno de los puntos clave que marca la calidad de los resultados, por lo que comprender las fortalezas y escenarios técnicos de la aplicación es muy relevante.

Las técnicas multivariantes, como el análisis canónico de correspondencia, análisis factorial, dendogramas, permitieron obtener resultados efectivos sobre las variables analizadas. Por otra parte, se puede constatar la variedad de herramientas estadísticas empleadas, facilitando al investigador mostrar datos, minimizando la incertidumbre en la justificación de tesis o conclusiones.

Las herramientas multivariantes tienen una gran aplicación en el campo de la ecología, permitiendo relacionar las condiciones del medio garantizando de este modo un mayor entendimiento sobre las relaciones del medio ecosistémico en el cual se desarrollan individuos forestales con el propósito de garantizar su permanencia en el tiempo

REFERENCIAS

- [1] J. R. Ferrer-Paris et al., "An ecosystem risk assessment of temperate and tropical forests of the Americas with an outlook on future conservation strategies," *Conserv. Lett.*, vol. 12, no. 2, pp. 1–10, Mar. 2019, doi: 10.1111/CONL.12623.
- [2] C. Salas-Macías et al., "Influencia del gradiente altitudinal sobre la Composición y estructura del 'Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands', Joa, Jipijapa," *Rev. La Fac. Agron. La Univ. Del Zulia*, vol. 37, no. 2, pp. 148–168, 2020.
- [3] C. A. Portillo-Quintero and G. A. Sánchez-Azofeifa, "Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas," *Biol. Conserv.*, vol. 143, no. 1, pp. 144–155, 2010, doi: 10.1016/j.biocon.2009.09.020.
- [4] G. Escribano-Ávila, "El bosque seco neotropical de la provincia Ecuatoriana: un pequeño gran desconocido," *Ecosistemas*, vol. 25, no. 2, pp. 1–4, 2016, doi: 10.7818/ecos.2016.25-2.01.
- [5] L. M. Bland, D. A. Keith, R. M. Miller, N. J. Murray, and J. P. Rodríguez, *Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria Red List of Ecosystems Categories and, Version 1. 2017.*
- [6] D. A. Keith et al., "Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems," *PLoS One*, vol. 8, no. 5, p. e62111, May 2013, doi: 10.1371/journal.pone.0062111.
- [7] L. Cañadas, *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito, 1983. [Online]. Available: <https://www.worldcat.org/title/mapa-bioclimatico-y-ecologico-del-ecuador/oclc/14149591>
- [8] Z. Aguirre-Mendoza and G. Geada-Lopez, "Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja," *Univ. Nac. Loja, Ecuador. Univ. Pinar del Río, Cuba.*, vol. 24, no. 241, pp. 207–228, 2017, [Online]. Available: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24107>
- [9] T. Pennington, D. Prado, and C. Pendry, "Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes," *J. Biogeogr.*, vol. 27, no. 2, pp. 261–273, 2000, doi: 10.1046/j.1365-2699.2000.00397.x.
- [10] R. Sierra, *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental.*, no. January 1999. Quito - Ecuador, 1999. doi: 10.13140/2.1.4520.9287.
- [11] N. Fuentes-Molina, J. Rodríguez-Barrios, and S. Isenia-Leon, "Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de cañaverales, guajira, Colombia," *Acta Biol. Colomb.*, vol. 23, no. 1, pp. 115–123, 2018, doi: 10.15446/abc.v23n1.62342.
- [12] G. Crespo, "Factors influencing on nutrient recycling in permanent grasslands and development of their modeling," *Cuba. J. Agric. Sci.*, vol. 49, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [13] A. Jiménez González, S. Castro Ponce, and B. Zhindón Ganchozo, "Introducción a la ecología forestal," in *Ecología Forestal*, Primera Ed., Guayaquil - Ecuador, 2017, p. 144. [Online]. Available: https://www.academia.edu/43209455/ECOLOGIA_FORESTAL
- [14] J. García del Barrio, O. Sánchez-Palomares, and R. Alía, "Ecología forestal y cambio climático," *Cuad. la Soc. Española Ciencias For.*, vol. 28, no. 12, pp. 23–28, 2001, [Online]. Available: http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/9257/9175
- [15] A. Closas, E. A. Arriola, C. I. Kuc Zening, M. R. Amarilla, and E. C. Jovanovich, "Análisis multivariante, conceptos y aplicaciones en Psicología Educativa y Psicometría," *Enfoques*, vol. 25, no. 1, pp. 65–92, 2013, [Online]. Available: <file:///D:/Escritorio/Dialnet-AnalisisMultivarianteConceptosYAplicacionesEnPsico-5229555.pdf>
- [16] C. D. Arbelo, A. Rodríguez Rodríguez, J. A. Guerra, and J. L. Mora, "Calidad del suelo y sucesión vegetal en andosoles forestales de las islas canarias," *Edafología*, vol. 9, no. 1, pp. 31–38, 2002.
- [17] C. Paredes-Ulloa, J. Ferro-Díaz, and P. Lozano-Carpio, "Efecto del estadio sucesional del bosque sobre la relación hospedadores-orquídeas epífitas en la estación biológica Pindo Mirador, Ecuador," *Rev. Cuba. Ciencias For.*, vol. 9, no. 1, pp. 103–123, 2021, [Online]. Available: <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/682#.YLLQCgmXiKw.mendeley>
- [18] D. Vistín-Guamantaquí and D. Espinoza-Castillo, "Alto del Parque Nacional Sangay-Ecuador the Sangay National Park-Ecuador," *Dominio las Ciencias*, vol. 7, no. 6, pp. 1406–1430, 2021.
- [19] P. Cruz, A. Fernández, and J. A. Reque, "Forest typology proposal for the *Quercus pyrenaica* in the Bierzo region, Northwest Spain, using multivariate analysis," *Bosque*, vol. 30, no. 3, pp. 180–191, 2009.
- [20] L. Mosquera Colorado, "Influencia de las características ambientales en la composición florística de un bosque seco tropical del recinto Tacusa del cantón Esmeraldas," *Pontif. Univ. Católica del Ecuador*, 2019.